



José Luis Barreto Terrasso

Licenciado em Engenharia Civil

Instalações e sistemas prediais de combate a incêndio por via hídrica – Estudo técnico e comparativo

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil – Reabilitação de Edifícios

Orientadora: Eng.^a Ana Cristina Freitas, Professora Auxiliar
Convidada, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Doutora Maria Paulina Faria Rodrigues, Professora Associada, FCT-UNL
Arguente: Doutor António Leça Coelho, Investigador Principal com Habilitação, LNEC
Vogal: Eng.^a Ana Cristina Freitas, Professora Auxiliar Convidada, FCT-UNL



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março de 2018

Instalações e sistemas prediais de combate a incêndio por via hídrica – Estudo técnico e comparativo.

“Copyright” José Luis Barreto Terrasso, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer a todos os professores do Departamento de Engenharia Civil da FCT/UNL, por todos os conhecimentos transmitidos, conselhos e motivação ao longo do meu percurso académico. Agradeço em especial à minha orientadora, Professora Ana Cristina Freitas, pelos conhecimentos transmitidos e por me ter orientado sempre durante a realização deste trabalho, estando sempre disponível para me ajudar ao longo desta etapa da minha vida académica. Quero também agradecer pelas palavras de apoio e motivação, pela compreensão e por todo o conhecimento que me transmitiu. De outra forma não seria possível terminar esta jornada.

Ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil pelas instalações e informações que me disponibilizaram para poder realizar este trabalho.

À Autoridade Nacional de Proteção Civil, por ter disponibilizado o espaço para o desenvolvimento deste trabalho, e por todo o interesse e entusiasmo demonstrado. Agradeço ao Eng. Francelino Silva, por toda a disponibilidade, apoio e acompanhamento durante o desenvolvimento do meu trabalho.

Ao Eng. Carlos Torrinha pela constante disponibilidade e dedicação. Pela capacidade crítica e partilha de conhecimentos durante a elaboração desta dissertação.

Gostaria também de agradecer ao Instituto Português da Qualidade pelas instalações e informações que me disponibilizaram ao longo deste trabalho.

Quero agradecer à minha família, em especial aos meus pais e à minha irmã, pelo estímulo e porque sempre me ajudaram e continuam a ajudar quando preciso, cada um à sua maneira. Aos restantes membros da família o meu muito obrigado pelas palavras de incentivo que sempre mostraram e pela disponibilidade que sempre colocaram.

Aos meus grandes amigos que conheci na FCT/UNL e levo para a vida, um agradecimento especial por estes anos únicos, pelo apoio nos bons e maus momentos, conversas, aventuras e histórias guardadas para a vida.

Quero deixar uma palavra aos meus amigos de infância e aos que me são mais próximos. Apesar da distância e dos diferentes rumos que seguimos nunca foram esquecidos. Vocês são fantásticos e eu sinto-me um privilegiado em vos conhecer.

Por último o meu agradecimento a todos aqueles que, embora não referidos, contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

Os incêndios são um assunto que preocupa bastante as entidades responsáveis, e também toda a população residente, uma vez que são das ocorrências que atingem o maior número de pessoas e com maior regularidade do que seria desejável. No geral, a origem de um incêndio está relacionada com os mais variados cenários tais como, cozinhar, cigarros mal apagados, velas, lareiras, exposição excessiva ao sol e trabalhos de remodelação em que se recorre à utilização de chama ou com fatores menos expectáveis tais como curto-circuito no quadro elétrico, fenómenos de sobreaquecimento ligados ao uso de instalações elétricas ou ao sobreaquecimento de aparelhos elétricos, nomeadamente dos eletrodomésticos.

No que diz respeito à forma de controlar e extinguir um incêndio, felizmente, já existe regulamentação adequada para a elaboração de projetos de SCIE (Sistemas de Combate a Incêndios em Edifícios), com precisão e eficiência suficiente, de forma a minimizar ao máximo os danos materiais e especialmente humanos.

O objetivo deste trabalho é o estudo teórico e prático dos meios de extinção de incêndios em edifícios por via hídrica.

A escolha deste tema realça a importância da revisão e alteração do Regulamento Geral de Segurança contra Incêndio em Edifícios (RG-SCIE), uma vez que este já se encontra desatualizado e com diversas lacunas quando comparado com as diferentes normas internacionais.

Algumas das seguradoras internacionais não reconhecem o projeto e dimensionamento de redes de segurança efetuadas segundo a legislação portuguesa, e desta forma é efetuado um estudo comparativo das três principais legislações utilizadas em Portugal: a regulamentação portuguesa, a norma europeia e a norma americana. Este estudo comparativo originou a elaboração de uma tabela onde é possível verificar as diferenças entre as três principais normas referidas anteriormente.

Para além de um estudo teórico, foram ainda aplicados os diversos conceitos das várias normas, num dimensionamento do sistema de combate a incêndios para um edifício, utilizando as prescrições das duas diferentes normas (europeia e americana), permitindo, assim, realizar uma análise mais sustentada e coerente das diferenças entre elas.

Por fim, e com base nos parâmetros estudados, esta dissertação torna-se benéfica porque permite analisar qual das três normas é a mais completa, a mais acessível e a mais perceptível.

Palavras-chave: Extinção, Edifícios, Incêndio, Água, *Sprinklers*

Abstract

Fires are a matter of concern both for those responsible, and also for all inhabitants, because they are one of the occurrences that affect more people with more regularity than would be desired. In general, the occurrence of fires are related to the most varied scenarios such as cooking, cigarettes badly extinguish, candles, fireplaces, excessive sun exposure and remodelling work using flame or less expected factors such as short-circuit in the electrical board, overheating phenomena linked to the use of electrical installations or to the overheating of electrical appliances, namely of household appliances.

There are several ways to control a fire and today, fortunately, there is already proper regulation for the development of Firefighting Systems in Buildings (SCIE), with sufficient precision and efficiency in order to minimize the material and especially human damage.

The present work has as objective the theoretical and practical study of the means to extinguishing fires in buildings with water.

The choice of this theme lies in the importance need for revision and amendment of the General Regulation on Fire Safety in Buildings (RG-SCIE), because the most of them are outdated and with some shortcomings when compared to the current international standards.

Some international insurers companies don't recognize the safety design nets based on the portuguese standard, and this way a study of the three main standards used in Portugal was made: the portuguese regulation, the european standard and the american standard. This comparative study led to the elaboration of a table where it is possible to verify the differences between the three main standards mentioned above.

Besides the theoretical study, several concepts from the different standards were also applied, in a fire fighting system design for a building, where the prescriptions of the two standards (european and american) were used, allowing to perform a sustained and coherent analysis between them.

Finally, and based on the study carried out, this dissertation becomes beneficial because it allows to analyse which of the three standards is the most complete, the most accessible and the most perceptible.

Keywords: Extinction, Buildings, Fire, Water, *Sprinklers*

Índice

Capítulo 1 – Introdução

1.1.	Enquadramento	1
1.2.	Objetivos e metodologia	2
1.3.	Estrutura e organização	2

Capítulo 2 – Legislação e normalização de segurança contra incêndios em edifícios

2.1.	Considerações iniciais	3
2.1.1.	Legislação portuguesa.....	4
2.1.2.	Normalização europeia	5
2.1.3.	Normalização americana	6
2.2.	Aspetos gerais	6
2.3.	Utilizações-tipo em edifícios	7
2.4.	Locais de risco.....	7
2.5.	Categorias e fatores de risco.....	8
2.6.	Comparação legislativa	9

Capítulo 3 – Instalações e sistemas prediais de combate a incêndio por água

3.1.	Enquadramento	17
3.2.	Generalidades	20
3.3.	Extintores portáteis	22
3.4.	Redes de incêndio armadas (RIA)	23
3.4.1.	Fontes de alimentação	24
3.4.2.	Bocas de incêndio armadas com mangueiras semi-rígidas ou do tipo carretel.....	24
3.4.3.	Bocas de incêndio armadas com mangueiras flexíveis ou do tipo teatro	26
3.4.4.	Cores, simbologia e marcação	28
3.4.5.	Dimensionamento e características hidráulicas	29
3.5.	Redes/colunas secas e húmidas	30
3.5.1.	Redes/colunas secas.....	30
3.5.2.	Redes/colunas húmidas	34
3.6.	Sistemas automáticos de extinção de incêndios por água (<i>sprinklers</i>)	36
3.6.1.	Locais a equipar com sistemas automáticos de extinção de incêndios por água	37

3.6.2.	Classificação dos locais quanto ao risco	39
3.6.3.	Configurações dos sistemas automáticos de extinção de incêndios por água	41
3.6.4.	Tipos de <i>sprinklers</i>	44
3.6.5.	Área de operação dos <i>sprinklers</i>	48
3.6.6.	Disposição da rede de <i>sprinklers</i>	49
3.6.7.	Fontes de abastecimento de água	50
3.6.8.	Dimensionamento e características hidráulicas	52
3.7.	Sistemas de cortina de água	55
3.7.1.	Difusores.....	56
3.7.2.	Locais a equipar com sistemas de cortina de água	56
3.7.3.	Dimensionamento e características hidráulicas	57
3.8.	Materiais utilizados nas redes de incêndio	58
3.8.1.	Aço (ferro preto).....	58
3.8.2.	Aço galvanizado	59
3.9.	Processos de ligação utilizados nas redes de incêndio	60
3.9.1.	Ligações ranhuradas	61
3.9.2.	Ligações roscadas.....	61
3.9.3.	Ligações flangeadas	62
3.10.	Válvulas utilizadas nas redes de incêndio.....	62
3.10.1.	Válvulas de macho esférico	63
3.10.2.	Válvulas de cunha	63
3.10.3.	Válvulas de borboleta.....	64
3.10.4.	Válvulas de globo	65
3.10.5.	Válvulas automáticas de controlo	65
3.10.6.	Válvulas de alívio e de segurança	65
3.10.7.	Válvulas redutoras de pressão.....	66

Capítulo 4 – Casos de estudo

4.1.	Apresentação dos casos de estudo	67
4.2.	Parque de estacionamento subterrâneo	67
4.2.1.	Dimensionamento pela norma europeia.....	67
4.2.2.	Dimensionamento pela norma americana.....	70

4.3.	Edifício industrial de fabricação de tintas	73
4.3.1.	Dimensionamento pela norma europeia.....	73
4.3.2.	Dimensionamento pela norma americana.....	76
4.4.	Conclusões preambulares	79
 Capítulo 5 – Conclusões e desenvolvimentos futuros		
5.1.	Conclusões	83
5.2.	Desenvolvimentos futuros	85
 Referências bibliográficas		87
 Anexo A – Categorias de Risco		91
Anexo B – Características das tubagens em aço		103
Anexo C – Implantação e dimensionamento hidráulico de redes de <i>sprinklers</i>		105

Índice de figuras

Figura 3.1 – Triângulo do fogo	17
Figura 3.2 – Tetraedro do fogo	18
Figura 3.3 – Curva de desenvolvimento das quatro fases de um incêndio	19
Figura 3.4 – Medida de segurança passiva – porta corta-fogo	21
Figura 3.5 – Meios de combate a incêndio por via hídrica	21
Figura 3.6 – Extintor de incêndios	22
Figura 3.7 – Boca de incêndio armada do tipo carretel	25
Figura 3.8 – Boca de incêndio armada do tipo teatro	27
Figura 3.9 – Exemplo de cores, simbologia e marcação	29
Figura 3.10 – Exemplo esquemático de uma rede seca	31
Figura 3.11 – Exemplo esquemático da rede húmida e instalação de alimentação	35
Figura 3.12 – Exemplo de um sistema de <i>sprinklers</i>	37
Figura 3.13 – Sistema húmido (<i>wet pipe system</i>)	41
Figura 3.14 – Sistema seco (<i>dry pipe system</i>)	42
Figura 3.15 – Sistema de pré-ação (<i>preaction</i>)	43
Figura 3.16 – Sistema de dilúvio (<i>deluge</i>)	43
Figura 3.17 – Constituição de um <i>sprinkler</i>	44
Figura 3.18 – Abertura da ampola de vidro de um <i>sprinkler</i>	44
Figura 3.19 – <i>Sprinkler</i> com elemento termofusível (duas alavancas)	45
Figura 3.20 – Disposição lateral; a) Com alimentação central; b) Com alimentação terminal	49
Figura 3.21 – Disposição central; a) Com alimentação central; b) Com alimentação terminal	50
Figura 3.22 – Exemplo da aplicação de um sistema cortina de água	55
Figura 3.23 – Exemplo de um difusor	56
Figura 3.24 – Exemplo de tubagens de aço ou ferro preto	59
Figura 3.25 – Exemplo de tubagens de aço galvanizado	60
Figura 3.26 – Exemplo de uma ligação ranhurada	61
Figura 3.27 – Exemplo de uma ligação roscada	62
Figura 3.28 – Exemplo de ligação flangeada	62
Figura 3.29 – Válvula de macho esférico	63
Figura 3.30 – Válvula de cunha	64
Figura 3.31 – Válvula de borboleta	64
Figura 3.32 – Válvula de globo	65
Figura 4.1 – <i>Standard layout</i>	68
Figura 4.2 – Implantação final: parque de estacionamento subterrâneo segundo a EN 12845	69
Figura 4.3 – Critérios de dimensionamento impostos pela EN 12845 para RO2	70
Figura 4.4 – Implantação final: parque de estacionamento subterrâneo segundo a NFPA 13	72
Figura 4.5 – Critérios de dimensionamento impostos pela NFPA 13 para RO1	73
Figura 4.6 – Implantação final: edifício industrial de tintas segundo a EN 12845	75

Figura 4.7 – Critérios de dimensionamento impostos pela EN 12845 para RG_{P1}	76
Figura 4.8 – Implantação final: edifício industrial de tintas segundo a NFPA 13.....	78
Figura 4.9 – Critérios de dimensionamento impostos pela NFPA 13 para $RO2$	79

Índice de tabelas

Tabela 2.1 – Tabela com as diferenças entre as legislações estudadas (continua)	9
Tabela 2.2 – Tabela com as diferenças entre as legislações estudadas (continuação).....	10
Tabela 2.3 – Tabela com as diferenças entre as legislações estudadas (continuação).....	11
Tabela 2.4 – Tabela com as diferenças entre as legislações estudadas (continuação).....	12
Tabela 2.5 – Tabela com as diferenças entre as legislações estudadas (continuação).....	13
Tabela 2.6 – Tabela com as diferenças entre as legislações estudadas (continuação).....	14
Tabela 3.1 – Fatores para o dimensionamento.....	33
Tabela 3.2 – Critérios de dimensionamento de sistemas fixos de extinção automática por água	38
Tabela 3.3 – Temperaturas de atuação e cores identificadoras	45
Tabela 3.4 – Limites de temperatura, classificação e código de cores	46
Tabela 3.5 – Fatores K para as diferentes classes de risco	47
Tabela 3.6 – Fatores K segundo as dimensões dos orifícios	47
Tabela 3.7 – Área de cobertura de cada <i>sprinkler</i>	49
Tabela 3.8 – Área máxima e mínima de cobertura de cada <i>sprinkler</i>	49
Tabela 3.9 – Tempo mínimo de abastecimento de água de um sistema	51
Tabela 3.10 – Número de <i>sprinklers</i> alimentados pelo mesmo sistema de abastecimento de água	52
Tabela 3.11 – Coeficiente de descarga dos <i>sprinklers</i>	53
Tabela 4.1 – Restrições impostas pela EN 12845 para RO2	68
Tabela 4.2 – Restrições impostas pela NFPA 13 para RO1	71
Tabela 4.3 – Restrições impostas pela EN 12845 para RG _{P1}	74
Tabela 4.4 – Restrições impostas pela NFPA 13 para RO2	77
Tabela 4.5 – Distâncias máximas entre <i>sprinklers</i> e área de cobertura de cada <i>sprinkler</i>	80
Tabela 4.6 – Quantidade de <i>sprinklers</i> instalada	80
Tabela 4.7 – Número máximo de <i>sprinklers</i> em funcionamento simultâneo	80

Abreviaturas

Abreviatura	Designação
ANPC	Autoridade Nacional de Proteção Civil
APTA	Associação de Produtores de Tubos e Acessórios
BI	Bocas de incêndio
BIA	Bocas de incêndio armadas
CEN	Comité Européu de Normalização
CENELEC	Comité Européu de Normalização Eletrotécnica
DT	Documento Técnico
EN	Norma Europeia
ESFR	<i>Early suppression fast-response sprinklers</i>
ETSI	Instituto Europeu de Normalização
FCT/UNL	Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional
IPQ	Instituto Português da Qualidade
ISSO	Organização Internacional de Normalização
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
NFPA	<i>National Fire Protection Association</i>
NP	Norma Portuguesa
NT	Nota Técnica
QR	<i>Quick response</i>
QRES	<i>Quick response early suppression</i>
RG _A	Risco Grave no Armazenamento
RG _P	Risco Grave na Produção
RG-SCIE	Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndio em Edifícios
RGSPDADAR	Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais
RIA	Redes de incêndio armadas
RJ-SCIE	Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios
RL	Risco Ligeiro
RO	Risco Ordinário
RT-SCIE	Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios
SADI	Sistema Automático de Detecção de Incêndio
SCIE	Sistema de Combate a Incêndios em Edifícios
SI	Serviço de Incêndio
UT	Utilização-tipo

Capítulo 1

Introdução

1.1. Enquadramento

A importância da segurança ao incêndio em edifícios é indiscutível, pois está em jogo não só a vida das pessoas, mas também interesses diversos, como por exemplo, bens patrimoniais, valores históricos com forte simbolismo no imaginário coletivo que uma vez perdidos dificilmente serão recuperados e, ainda, a continuidade de serviços estratégicos para a sociedade em geral.

A implicação de adequadas condições de segurança ao incêndio num edifício implica sempre a existência de meios de combate, dependendo a importância destes da dimensão do edifício, do tipo de ocupação, das cargas de incêndio, da compartimentação interior e de outros fatores, tendo a regulamentação de segurança ao incêndio em edifícios e a normalização exigências relativamente aos diferentes meios de extinção.

É uma exigência básica da segurança ao incêndio que as vias de acesso aos edifícios estejam dotadas de hidrantes exteriores, alimentados pela rede de distribuição pública. Por outro lado, os edifícios têm de possuir meios de combate ao incêndio que podem ser de um dos seguintes tipos:

- Meios de primeira intervenção: têm como objetivo permitir o ataque ao incêndio quando este está ainda numa fase inicial. Estes meios podem ser utilizados pelas equipas de segurança e eventualmente pelos ocupantes do edifício. Como meios de primeira intervenção podem destacar-se os extintores e as redes de incêndio armadas, as caixas de areia, as mantas e os sistemas de extinção fixa que entram em funcionamento automaticamente (Coelho, 2010);
- Meios de segunda intervenção: destinam-se a uma utilização posterior, por parte dos bombeiros (ou brigadas de combate ao incêndio), destacando-se as redes secas e húmidas (Coelho, 2010).

A água é por excelência o agente extintor mais utilizado na extinção de fogos, não só pelo facto de ser abundante e de baixo custo, mas também pela sua grande capacidade de absorção de calor, requisito que lhe confere a reconhecida eficácia no combate a incêndios.

Para além da água, são também utilizados agentes extintores como espumíferos, pó químico, dióxido de carbono (CO₂) e outros agentes extintores.

1.2. Objetivos e metodologia

A presente dissertação de mestrado tem como objetivo elaborar um estudo técnico e comparativo das instalações e sistemas prediais de combate a incêndio por via hídrica face à regulamentação portuguesa e à normalização europeia e americana.

Serão aprofundados e atualizados os conhecimentos teóricos e práticos relativos ao dimensionamento hidráulico dos sistemas de combate a incêndio por via hídrica, sejam eles manuais ou automáticos, de acordo com a legislação e normalização em vigor.

Começou-se por analisar a regulamentação portuguesa, seguindo-se a normalização europeia e finalmente a americana. Com esta análise foi possível elaborar uma síntese dos conceitos mais importantes, sendo criada uma tabela comparativa. Este amplo processo permitiu analisar todos os conceitos necessários não só para o dimensionamento, mas também elaborar uma série de comentários aos documentos estudados.

Após a análise teórico-técnica foi possível elaborar o dimensionamento de um sistema fixo de extinção automática de incêndios por água em dois edifícios com dimensões assumidas, como forma de consolidar a comparação efetuada.

Por fim, apresenta-se uma síntese dos materiais e equipamentos atualmente mais utilizados nos sistemas prediais de combate a incêndio por via hídrica.

1.3. Estrutura e organização

Esta dissertação está dividida em 8 capítulos, de forma a facilitar a consulta e compreensão do estudo realizado. Os capítulos são os seguintes:

- Capítulo 1: apresentam-se as motivações e enquadramento do tema, incluindo os objetivos e o plano de trabalhos, introduzindo-se os assuntos em causa;
- Capítulo 2: neste capítulo é analisada a regulamentação de sistemas de combate a incêndio em edifícios utilizada em Portugal e a normalização utilizada na Europa e nos Estados Unidos da América, fazendo-se uma comparação legislativa;
- Capítulo 3: é feito um enquadramento histórico da segurança contra incêndios em edifícios sendo abordados os sistemas prediais de combate a incêndio por água e os materiais e equipamentos mais utilizados nas redes de incêndio;
- Capítulo 4: é realizado o dimensionamento das redes de um sistema de extinção automática por água em dois edifícios ao nível da regulamentação portuguesa, da norma europeia e da norma americana;
- Capítulo 5: são apresentadas as conclusões do trabalho, bem como, sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Legislação e normalização de segurança contra incêndios em edifícios

2.1. Considerações iniciais

O Sistema de Combate a Incêndios em Edifícios é regulamentado através de diversos diplomas que definem as especificações técnicas e jurídicas a serem aplicadas num projeto. No entanto, pretendem-se regulamentos credíveis e ao mesmo tempo exigentes, e por isso existem organizações com o objetivo de gerir de forma eficaz o processo normativo, a edição de documentos normativos, a promoção de condições adequadas à participação das partes interessadas no desenvolvimento e a manutenção, divulgação, distribuição e gestão da grande quantidade de normas existentes [1].

Enumeram-se os seguintes organismos em prol da atividade normativa (Borges, 2013):

- A nível mundial:
 - IEC – Comissão Eletrotécnica Internacional, constituída em 1906;
 - ISO – Organização Internacional de Normalização, constituída em 1947.
- A nível europeu:
 - CEN – Comité Europeu de Normalização, constituído em 1961;
 - CENELEC – Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica, constituído em 1973;
 - ETSI – Instituto Europeu de Normalização, constituído em 1988.
- A nível nacional:
 - IPQ – Instituto Português da Qualidade, constituído em 1986.

Os organismos indicados anteriormente caracterizam-se por serem públicos, privados ou mistos e devem ser reconhecidos pelo respetivo Organismo Nacional de Normalização para poderem exercer as atividades de normalização num determinado domínio.

Desta forma, no que diz respeito à normalização portuguesa, as especificações em relação ao conjunto de letras entendem-se da seguinte forma:

- NP – diz respeito a normas portuguesas;

- NP EN – diz respeito a normas portuguesas que adotam uma norma europeia;
- NP EN ISO – diz respeito a normas portuguesas que resultaram da adoção de uma norma europeia, que por sua vez resultou da adoção de uma norma internacional.

Nos subcapítulos que se seguem será abordada alguma legislação e normalização em vigor em Portugal, na Europa e nos Estados Unidos da América, na vertente de segurança contra incêndios em edifícios.

2.1.1. Legislação portuguesa

No passado existia um elevado número de documentos que constituíam a legislação portuguesa sobre segurança contra incêndios em edifícios, tais como nove Decretos-Lei, cinco Portarias, um Decreto Regulamentar e uma Resolução de Conselho de Ministros. Com o objetivo de diminuir este número de documentos foi aprovado em janeiro de 2007 o “Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndio em Edifícios” (RG-SCIE), tendo sido publicado através do Decreto-Lei n.º 220/2008, que estabelece o novo “Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios” (RJ-SCIE), e a Portaria n.º 1532/2008, de 29 de dezembro, que publicou o “Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios” (RT-SCIE), que entrou em vigor no início de 2009. Como ainda havia alguns lapsos em relação às utilizações-tipo de edifícios e recintos, em 2015, ocorreu a publicação de Decreto-Lei n.º 224/2015, com a primeira alteração ao Decreto-Lei 220/2008.

A Portaria n.º 1532/2008 de 29 de dezembro estabelece a regulamentação de SCIE a que estão sujeitos os projetos de arquitetura, os projetos de SCIE e outros projetos de especialidades, como por exemplo sobre as condições de comportamento ao fogo, isolamento e proteção ou as condições de evacuação, entre outros. Estes conceitos devem ainda estar ao abrigo do Decreto-Lei n.º 224/2015 com a primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 220/2008. Apesar da legislação de segurança contra incêndios, os critérios de dimensionamento são descritos no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR).

Deste modo, enumeram-se os seguintes atos legislativos, atualmente em vigor para o SCIE [12]:

- Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de novembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 224/2015, de 9 de outubro – Estabelece o Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (RJ-SCIE);
- Decreto-Lei n.º 224/2015 de 9 de outubro – Procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro;
- Portaria n.º 1532/2008 de 29 de dezembro – Aprova o Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (RT-SCIE);

- FICHA DE SEGURANÇA – Obrigatória para edifícios da 1.^a categoria de risco e aplicável às utilizações-tipo I a III e VI a XII;
- Despacho n.º 2074/2009 – Despacho do Presidente da Associação Nacional de Proteção Civil (ANPC), conforme previsto no n.º 4 do artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de novembro – Critérios técnicos para determinação da densidade de carga de incêndio modificada;
- Portaria n.º 64/2009 – Estabelece o regime de credenciação de entidades pela ANPC para a emissão de pareceres, realização de vistorias e de inspeções das condições de segurança contra incêndio em edifícios (SCIE);
- Portaria n.º 610/2009 – Regulamenta o funcionamento do sistema informático previsto no n.º 2 do artigo 32.º do Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro;
- Portaria n.º 773/2009 – Define o procedimento de registo, na ANPC, das entidades que exerçam a atividade de comercialização, instalação e ou manutenção de produtos e equipamentos de segurança contra incêndio em edifícios (SCIE);
- Portaria n.º 1054/2009 – Define as taxas por serviços de segurança contra incêndio em edifícios prestados pela ANPC;
- Despacho n.º 6200/2017 – Atualiza o valor das taxas a cobrar pelos serviços de segurança contra incêndio em edifícios prestados pela ANPC;
- Despacho n.º 10738/2011 – Regulamento para acreditação dos técnicos responsáveis pela comercialização, instalação e manutenção de produtos e equipamentos de SCIE;
- Notas Técnicas de Segurança Contra Incêndio em Edifícios pela ANPC.

Este trabalho será direcionado para os seguintes documentos:

- Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de novembro – Republicado em 9 de outubro de 2015 como Decreto-Lei n.º 224/2015;
- Portaria n.º 1532/2008 de 29 de dezembro;
- Notas Técnicas de SCIE pela ANPC.

Além dos documentos mencionados anteriormente, para a elaboração deste trabalho, foram ainda recolhidas informações adicionais recorrendo-se a outras fontes tais como, seminários, livros, dissertações, entre outros, que serão referenciadas ao longo do trabalho.

2.1.2. Normalização europeia

As normas europeias relacionadas com a área do dimensionamento hidráulico e com o projeto de sistemas fixos de extinção automática de incêndios que foram analisadas na elaboração deste trabalho, são as seguintes:

- EN 12845 (2015) – *Fixed firefighting systems – Automatic sprinkler systems – Design, installation and maintenance*;
- CEA 4001 (2009) – *Sprinkler Systems: Planning and Installation*.

A norma EN 12845 estabelece os requisitos mínimos para o projeto, instalação e manutenção de sistemas de *sprinklers* em edifícios e instalações industriais. Esta norma analisa ainda a classificação de riscos, fornecimento e abastecimento de água, rotinas de teste, perigos especiais e detalhes construtivos dos edifícios. No que diz respeito à CEA 4001, especifica os requisitos e fornece recomendações para o projeto, manutenção e instalação de sistemas de *sprinklers*. Os requisitos e recomendações desta norma também são aplicáveis a qualquer adição, extensão, reparo ou outra modificação feita a um sistema de *sprinklers*. Abrange ainda a classificação de riscos, fornecimento e abastecimento de água, componentes a serem utilizados, testes do sistema e identifica os detalhes construtivos dos edifícios que são necessários para o desempenho satisfatório de um sistema de *sprinklers* [13].

2.1.3. Normalização americana

A NFPA – *National Fire Protection Association* apresenta um conjunto de normas que são aplicadas nos Estados Unidos da América e um pouco por todo o mundo. Desde a sua fundação, em 1896, que se tem dedicado a proteger vidas e bens dos efeitos devastadores dos incêndios. Devido a estes fatores são consideradas as normas mais completa na área, sendo por isso a base de muitas normas nos mais variados países, incluindo Portugal [14].

As normas NFPA direcionadas para o dimensionamento hidráulico e projeto que foram analisadas para a elaboração deste trabalho, são as seguintes:

- NFPA 13 (2016): *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*;
- NFPA 15 (2017): *Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection*.

Para a elaboração deste trabalho foi ainda recolhida informação complementar da norma NFPA 10 (2013): *Standard for Portable Fire Extinguishers*.

2.2. Aspetos gerais

É responsabilidade do Estado, em matéria de segurança contra incêndios, a salvaguarda da vida e da integridade física das pessoas, a proteção do ambiente e do património histórico e cultural, bem como a proteção dos meios essenciais à continuidade de atividades sociais relevantes.

Como tal, devem ser reguladas pelo Estado e tidas como garantias de objetivos mínimos as seguintes medidas de segurança contra incêndio num edifício ou estabelecimento industrial:

- Reduzir os riscos de eclosão de incêndios;
- Limitar a propagação do fogo, fumo e gases de combustão;
- Promover a evacuação rápida e em condições seguras de todos os ocupantes;
- Facilitar, em segurança, a intervenção dos bombeiros.

A proteção do património é considerada como segunda prioridade face aos riscos de incêndio, sendo em geral atribuída essa responsabilidade aos proprietários, usufrutuários ou de quem é responsável pela administração desses mesmos bens. Esta responsabilidade de proteção do património pode ser assumida em parte ou mesmo na totalidade, por uma seguradora, mediante a existência de um contrato de seguro estabelecido entre ambas as partes envolvidas.

2.3. Utilizações-tipo em edifícios

Para assegurar o cumprimento das medidas de segurança contra incêndio indicadas no ponto anterior, é necessário a adoção de medidas técnicas de prevenção e segurança contra riscos de incêndio. Para definição e atribuição das mesmas, existem parâmetros que condicionam a sua aplicação, que requerem um estudo preliminar, tais como: o porte do edifício, o tipo de ocupação, a natureza e o tipo de atividade. De forma a sistematizar e organizar as medidas de segurança contra riscos de incêndio, é prática corrente individualizar os edifícios em função da sua ocupação, repartindo-os pelas seguintes classes que fazem parte integrante das utilizações-tipo (UT), que constam no Decreto-Lei n.º 224/2015:

- Habitacionais (UT I);
- Estacionamentos (UT II);
- Administrativos (UT III);
- Escolares (UT IV);
- Hospitalares e lares de idosos (UT V);
- Espetáculos e reuniões públicas (UT VI);
- Hoteleiros e restauração (UT VII);
- Comerciais e gares de transportes (UT VIII);
- Desportivos e de lazer (UT IX);
- Museus e galerias de arte (UT X);
- Bibliotecas e arquivos (UT XI);
- Industriais, oficinas e armazéns (UT XII).

Deste modo, a atribuição do risco e das medidas de segurança a implementar mediante cada tipo de ocupação, ficam facilitadas.

2.4. Locais de risco

Os locais de risco são todos os espaços dos edifícios e recintos, com exceção dos locais de passagem e instalações sanitárias, que possuem uma classificação de A a F, de acordo com o Decreto-Lei n.º 224/2015:

- Local de Risco A – não apresenta riscos especiais, no qual se verificam simultaneamente as seguintes condições: o efetivo total não excede 100 pessoas; o efetivo de público não excede 50 pessoas; mais de 90% dos ocupantes não se encontrem limitados na mobilidade ou nas

- capacidades de percepção e reação a um alarme; as atividades nele exercidas ou os produtos, materiais e equipamentos que contém não envolvem riscos agravados de incêndio; não possui meios e sistemas essenciais à continuidade de atividades sociais relevantes;
- Local de Risco B – é um local acessível a público ou ao pessoal afeto ao edifício ou recinto, com um efetivo total superior a 100 pessoas ou um efetivo público superior a 50 pessoas, no qual se verificam simultaneamente as seguintes condições: mais de 90% dos ocupantes não se encontrem limitados na mobilidade ou nas capacidades de percepção e reação a um alarme; as atividades nele exercidas ou os produtos, materiais e equipamentos que contém não envolvam riscos agravados de incêndios; não possua meios e sistemas essenciais à continuidade de atividades sociais relevantes;
 - Local de Risco C – é um local que apresente riscos agravados de eclosão e de desenvolvimento de incêndio devido, quer às atividades nele exercidas, quer às características dos produtos, materiais ou equipamentos nele existentes, designadamente à carga de incêndio;
 - Local de Risco D – é um local de um estabelecimento com permanência de pessoas acamadas ou destinado a receber crianças com idade não superior a 6 anos ou pessoas limitadas na mobilidade ou nas capacidades de percepção e reação a um alarme;
 - Local de Risco E – é um local de estabelecimento destinado a dormida, em que as pessoas não apresentam as limitações indicadas nos locais de risco D;
 - Local de Risco F – é um local que possui meios e sistemas essenciais à continuidade de atividades sociais relevantes, nomeadamente os centros nevrálgicos de comunicação, comando e controlo.

2.5. Categorias e fatores de risco

As utilizações-tipo dos edifícios em matéria de risco de incêndio podem ser da 1.^a, 2.^a, 3.^a e 4.^a categorias, nos termos das Tabelas dos Anexos A.1 a A.10, de acordo com o RJ-SCIE, e são consideradas de risco reduzido, risco moderado, risco elevado e risco muito elevado, respetivamente. Para cada uma das UT, são fatores de risco:

- Utilização-tipo I – altura da UT e número de pisos abaixo do plano de referência;
- Utilização-tipo II – espaço coberto ou ao ar livre, altura da UT, número de pisos abaixo do plano de referência e a área bruta ocupada;
- Utilizações-tipo III – altura da UT e efetivo;
- Utilizações-tipo IV e V – altura da UT, efetivo, efetivo em locais de risco D ou E e locais de risco D com saídas independentes diretas ao exterior no plano de referência;
- Utilizações-tipo VI e IX – altura da UT, número de pisos ocupados abaixo do plano de referência, efetivo e espaço coberto ou ao ar livre;
- Utilização-tipo VII – altura da UT, efetivo e efetivo em locais de risco E;
- Utilização-tipo VIII – altura da UT, número de pisos ocupados abaixo do plano de referência e efetivo;
- Utilização-tipo X – altura da UT e efetivo;

- Utilização-tipo XI – altura da UT, número de pisos ocupados abaixo do plano de referência, efetivo e densidade de carga de incêndio modificada;
- Utilização-tipo XII – espaço coberto ou ao ar livre, densidade de carga de incêndio modificada e número de pisos ocupados abaixo do plano de referência.

2.6. Comparação legislativa

Neste sub-capítulo irá ser efetuada uma comparação entre a legislação de sistemas de combate a incêndio mais utilizada em Portugal: a regulamentação portuguesa, a norma europeia e a norma americana. Realizou-se um levantamento dos aspetos mais importantes de cada uma, elaborando-se uma tabela comparativa (Tabela 2.1). Devido à ausência de informação em alguns dos meios de combate a incêndio em edifícios por via hídrica, esta comparação será focada essencialmente nos sistemas fixos de extinção automática por água, optando-se mesmo assim por manter alguns aspetos que existem apenas na regulamentação portuguesa.

Tabela 2.1 – Tabela com as diferenças entre as legislações estudadas (continua)

		Portugal RGSPDADAR RJ-SCIE RT-SCIE Notas Técnicas	Europa CEA 4001 (2009) EN 12845 (2015)	EUA NFPA 13 (2016)
Utilizações-tipo		12 utilizações-tipo	-	-
Categorias de risco		- 1. ^a – risco reduzido; - 2. ^a – risco moderado; - 3. ^a – risco elevado; - 4. ^a – risco muito elevado.	- Risco ligeiro; - Risco ordinário; - Risco grave na produção; - Risco grave no armazenamento.	- Risco ligeiro; - Risco ordinário (divide-se em 2 grupos); - Risco grave (divide-se em 2 grupos).
Rede de incêndio armada do tipo carretel: alimentação das bocas de incêndio	Pressão	250 kPa (em cada BI até um máximo de quatro).	-	-
	Caudal	1,5 l/s (em cada BI até um máximo de quatro).	-	-
	Disposição	- Prestar atenção ao comprimento de mangueiras e distância entre bocas; - Caminhos horizontais de evacuação junto à saída para os caminhos verticais; - Junto à saída de locais que possam receber mais de 200 pessoas.	-	-

Tabela 2.2 – Tabela com as diferenças entre as legislações estudadas (continuação)

		Portugal	Europa	EUA
		RGSPDADAR RJ-SCIE RT-SCIE Notas Técnicas	CEA 4001 (2009) EN 12845 (2015)	NFPA 13 (2016)
Rede de incêndio armada do tipo teatro: alimentação das bocas de incêndio	Pressão	350 kPa (em cada BI até um máximo de quatro).	-	-
	Caudal	4,0 l/s (em cada BI até um máximo de quatro).	-	-
Rede de incêndio armada do tipo teatro: alimentação das bocas de incêndio	Disposição	- Caixas de escadas; - Câmaras corta-fogo; - Permitiam que o combate a incêndio se faça de um local protegido.	-	-
Redes secas ou húmidas	UT	UT I e II da 2.ª categoria de risco.	-	-
Redes húmidas	UT	- UT da 3.ª categoria de risco ou superior, com exceção das UT VIII; - UT IV, V, VI, VIII e XII da 4.ª categoria de risco; nestes casos as BI serão armadas de tipo carretel.	-	-
<i>Sprinklers</i>	Aplicações	- UT I e locais de risco D; - UT II das 2.ª, 3.ª e 4.ª categorias de risco, com dois ou mais pisos abaixo do nível de referência; - Parques automáticos, em todos os pisos; - UT III, VI, VII e VIII das 3.ª e 4.ª categorias de risco; - Na UT VI, nas caixas de palco com área até 50 m² e nos sub-palcos, de espaços cénicos isoláveis; - UT XII das 2.ª, 3.ª e 4.ª categorias de risco; - Locais adjacentes a pátios interior com altura superior a 20 m; - Locais de difícil acesso, com elevada carga térmica; - Postos de transformação que utilizem dielétrico líquido inflamável quer nos transformadores quer nos dispositivos de corte e cuja localização não esteja de acordo com o RT-SCIE; - Aberturas em paredes ou pavimentos resistentes ao fogo atravessados por meios de transporte móveis, cintas ou telas;	Toda a envolvente dos edifícios protegidos por <i>sprinklers</i> deve ser protegida por este meio. Espaços que se podem excluir da sua utilização: - Casas de banho e balneários de materiais não combustíveis e que não são utilizados para armazenar materiais combustíveis; - Escadas fechadas e eixos verticais fechados que não contenham materiais combustíveis e construídos como uma separação resistente ao fogo (esta deve apresentar resistência ao fogo de 60 min e as portas devem fechar-se manualmente ou automaticamente); - Locais protegidos por outros sistemas automáticos de extinção de incêndio (Ex: gás e pó); - Processos húmidos, ou seja, no caso da fabricação do papel a sua extremidade encontra-se húmida.	Esta norma indica que a instalação de <i>sprinklers</i> deve ser de acordo com os seguintes princípios: - Devem ser instalados em todo o edifício; - Devem estar localizados de forma a que não ultrapassem a área máxima de proteção de cada <i>sprinkler</i> ; - Devem estar localizados e posicionados de forma a que consigam fornecer uma performance satisfatória relativamente à sua distribuição e ao tempo de ativação; - Podem ser omitidos nas áreas descritas pela norma; - O mobiliário (Ex: guarda-roupa, armários, estantes de trofeus e similares) não requerem a instalação de sistemas de <i>sprinklers</i> neles;

Tabela 2.3 – Tabela com as diferenças entre as legislações estudadas (continuação)

		Portugal RGSPDADAR RJ-SCIE RT-SCIE Notas Técnicas	Europa CEA 4001 (2009) EN 12845 (2015)	EUA NFPA 13 (2016)
Sprinklers	Aplicações (continuação)	<ul style="list-style-type: none"> - Locais de fabrico, armazenagem ou manipulação de produtos não reagindo com a água; - Depósitos de líquidos ou gases inflamáveis; - Zonas de pintura ou aplicação de vernizes, colas ou solventes orgânicos com ponto de inflamação superior a 55 °C, em espaços de edifícios com área > 30 m²; - Equipamentos industriais e em locais existentes que não possam cumprir na íntegra as medidas passivas do RT-SCIE. 	<p>Define ainda as seguintes exceções obrigatórias:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Silos ou caixas que contenham substâncias que se expandem em contacto com a água; - Nas proximidades de fornos industriais ou fornos, banhos de sal, conchas de fundição ou equipamento similar, onde o uso de água pode aumentar o perigo à extinção de incêndios; - Áreas, quartos ou lugares onde a descarga de água pode apresentar perigo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Os <i>sprinklers</i> não devem ser instalados com equipamento elétrico, equipamento mecânico ou unidades de tratamento de ar que não sejam destinados para a ocupação.
	Temperatura	68 °C (exceto justificação em contrário).	68 °C ou 74 °C (exceto justificação em contrário).	A regulação da temperatura varia com a temperatura no local. Nos locais onde a temperatura ronde os 38 °C o <i>sprinkler</i> deve estar regulado entre os 57 e os 77 °C
	Pressão	Segue a norma europeia.	<ul style="list-style-type: none"> - Risco ligeiro: 7 mca; - Risco ordinário: 3,5 mca; - Risco grave na produção: 5 mca; - Risco grave no armazenamento: 5 mca. 	<ul style="list-style-type: none"> - Risco ligeiro: 10 mca; - Risco ordinário: 14 mca; - Risco grave: as exigências devem ser baseadas em cálculos hidráulicos, com uma pressão mínima de 34 mca no <i>sprinkler</i> mais desfavorável.
	Área de cobertura	Segue a norma europeia.	<ul style="list-style-type: none"> - Risco ligeiro: 21 m²; - Risco ordinário: 12 m²; - Risco grave na produção e no armazenamento: 9 m². 	<p>Os valores máximos nos <i>sprinklers</i> mais utilizados são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - S. Padrão: 21 m²; - S. Larga cobertura: 37 m²; - S. Gota gorda: 12 m² (max) ou 7,4 m² (min); - S. ESFR: 9,3 m² (max) ou 7,4 m² (min).

Tabela 2.4 – Tabela com as diferenças entre as legislações estudadas (continuação)

		Portugal RGSPDADAR RJ-SCIE RT-SCIE Notas Técnicas	Europa CEA 4001 (2009) EN 12845 (2015)	EUA NFPA 13 (2016)
Sprinklers	Densidade de descarga	- UT II, III, VI*, VII, VIII: 5 (L/min/m ²); - UT XII: 10 (L/min/m ²). * Incluindo sistemas tipo dilúvio previstos para a UT VI, com um tempo de descarga de 30 min.	- Risco ligeiro: 2,25 (mm/min); - Risco ordinário: 5 (mm/min); - Risco grave na produção (grupo 1): 7,5 (mm/min); - Risco grave na produção (grupo 2): 10 (mm/min); - Risco grave na produção (grupo 3): 12,5 (mm/min); - Risco grave na produção (grupo 4): sistema de dilúvio (não está na norma).	-
	Sprinklers em simultâneo	- UT II: 12; - UT III, VI*, VII, VIII: 18; - UT XII: 29. * Incluindo sistemas tipo dilúvio previstos para a UT VI, com um tempo de descarga de 30 min.	- Risco ligeiro: 6; - Risco ordinário: 24; - Risco grave na produção: 36; - Risco grave no armazenamento: 36.	O número de <i>sprinklers</i> em funcionamento simultâneo deve ser no mínimo 6.
	Tempo de descarga	- UT II, VI*, VII, VIII: 60 min; - UT XII: 90 min. * Incluindo sistemas tipo dilúvio previstos para a UT VI, com um tempo de descarga de 30 min.	- Risco ligeiro: 30 min; - Risco ordinário: 60 min; - Risco grave na produção: 90 min; - Risco grave no armazenamento: 90 min.	- Risco ligeiro: 30-60 min; - Risco ordinário: 60-90 min; - Risco grave: 60-90 min.
	Distância máxima entre <i>sprinklers</i>	Segue a norma europeia.	- Risco ligeiro: 4,6 m; - Risco ordinário: 4,0 m; - Risco grave na produção e no armazenamento: 3,7 m.	A distância máxima entre <i>sprinklers</i> varia conforme o risco, o tipo de equipamento adotado, o tipo de material e a forma do teto. Como forma de comparação, serão apresentados os valores relativos a um teto liso, incombustível para: ▪ <i>Sprinkler</i> do tipo padrão: - Risco ligeiro: 4,6 m; - Risco ordinário: 4,6 m; - Risco grave: 3,7 m (density ≥ 0,25) e 4,6 m (density < 0,25); - Risco pesado: 3,7 m (density ≥ 0,25) e 4,6 m (density < 0,25). ▪ <i>Sprinkler</i> do tipo gota gorda: - Risco ligeiro: 3,7 m; - Risco ordinário: 3,7 m; - Risco grave: 3,7 m; - Risco pesado: 3,7 m.

Tabela 2.5 – Tabela com as diferenças entre as legislações estudadas (continuação)

		Portugal RGSPDADAR RJ-SCIE RT-SCIE Notas Técnicas	Europa CEA 4001 (2009) EN 12845 (2015)	EUA NFPA 13 (2016)
Sprinklers	Distância mínima entre sprinklers	-	A distância mínima entre sprinklers deve ser de 2 m, salvo exceções.	Os valores de distâncias mínimas entre os <i>sprinklers</i> mais utilizados são: - S. Padrão: 1,8 m; - S. Larga cobertura: 2,4 m; - S. Gota gorda: 2,4 m; - S. ESFR: 2,4 m.
	Suporte das tubagens	A distância máxima entre os suportes depende do diâmetro da tubagem. Os valores são os seguintes: - DN até 50 mm: 4,6 m; - DN 65 mm: 5,0 m; - DN 100 mm: 6,0 m; - DN 125 mm: 6,6 m; - DN 150 mm: 8,5 m.	Esta norma especifica a distância máxima entre os suportes das tubagens tendo em conta o material. Os valores são os seguintes: - Aço: 4 m; - Cobre: 2 m. Estas distâncias podem ser aumentadas em 50 % sempre que se verifique uma das seguintes condições: - Dois suportes independentes são colocados diretamente na estrutura; - Um suporte utilizado é capaz de suportar uma carga de 50 % maior do que as previstas na norma (Tabela 40). A distância a partir de qualquer <i>sprinkler</i> vertical a um suporte não deve ser menor que 0,15 m. A tubagem vertical deve ter apoios adicionais nos casos seguintes: - Tubos com mais de 2 m de comprimento; - Tubos de alimentação de <i>sprinklers</i> individuais com mais de 1 m de comprimento. Os tubos que se encontram num nível baixo ou vulnerável ao impacto mecânico devem ser apoiados separadamente exceto nos seguintes casos:	Esta norma apresenta diferentes pormenores para diferentes tipos de suportes. Os suportes abordados serão os do tipo <i>hangers</i> . No geral, os elementos de suporte devem ser dimensionados para suportar 5 vezes o peso da tubagem cheia de água, somando 115 kg em cada ponto do suporte e o material dos elementos do suporte deve ser de origem ferrosa. Os valores relativos à distância máxima entre o suporte das tubagens dependem do material e do diâmetro da tubagem. Seguidamente serão mostrados os valores referentes às tubagens de cobre: - DN 20 mm: 2,4 m; - DN 25 mm: 2,4 m; - DN 32 mm: 3 m; - DN 40 mm: 3 m; - DN 50 mm: 3,7 m; - DN 65 mm: 3,7 m; - DN 80 mm: 3,7 m; - DN 90 mm: 4,6 m; - DN 100 mm: 4,6 m; - DN 125 mm: 4,6 m; - DN 150 mm: 4,6 m; - DN 200 mm: 4,6 m.

Tabela 2.6 – Tabela com as diferenças entre as legislações estudadas (continuação)

		Portugal RGSPDADAR RJ-SCIE RT-SCIE Notas Técnicas	Europa CEA 4001 (2009) EN 12845 (2015)	EUA NFPA 13 (2016)
<i>Sprinklers</i>	Suporte das tubagens (continuação)	(concluído na página anterior)	- Tubos horizontais de alimentação de <i>sprinklers</i> individuais com menos de 0,45 m de comprimento; - Queda ou ascensão de tubos de alimentação de <i>sprinklers</i> individuais com menos de 0,6 m de comprimento.	(concluído na página anterior)

Em Portugal as normas habitualmente utilizadas são a europeia ou a americana, uma vez que, apesar da regulamentação portuguesa ser complementada por estas, existem companhias de seguro internacionais que exigem que o dimensionamento do projeto do sistema de extinção automático de incêndios esteja de acordo com o definido por estas normas.

A regulamentação portuguesa define as UT, locais e categorias de risco para a caracterização de edifícios e recintos como forma de determinar a disposição mais eficiente de segurança contra incêndios. Apesar disto, a regulamentação portuguesa não é perfeita, devido ao facto de estar dividida por um elevado número de documentos, podendo originar incertezas. O estudo da regulamentação portuguesa, para um perfeito entendimento, tem de ser complementado por documentos internacionais. É importante salientar que fazer a interligação de várias normas pode desencadear projetos inadequados (Teixeira, 2013).

Uma questão que é colocada à regulamentação portuguesa está relacionada com o facto de os meios de 2.ª intervenção deverem ser utilizados pelos bombeiros e os sistemas automáticos não necessitarem de intervenção humana. Devido a isto, questiona-se qual é a vantagem da utilização destes sistemas, uma vez que, têm a mesma função e a intervenção por parte dos *sprinklers* é mais rápida.

É possível verificar que segundo a regulamentação portuguesa nem todas as UT necessitam de sistemas de *sprinklers*. Pelo contrário, analisando a regulamentação europeia e americana, não é perceptível o porquê da não obrigação em UT XII (industriais, oficinas e armazéns), visto ser um tema com tanto ênfase nas duas normas, uma vez que se trata de locais geralmente amplos que originam uma rápida propagação de incêndio e onde a rápida intervenção dos *sprinklers* poderá evitar a maioria dos incêndios nestes locais. Ainda em relação aos sistemas automáticos de extinção de incêndio por água, e comparando as três tipologias de normas, identifica-se facilmente um défice de informação e valores pouco claros que devem ser complementados, preferencialmente, pela norma europeia ou pela norma americana. Por exemplo, no Quadro XXXVII do RT-SCIE, apresentam-se valores para a área de operação, seguido do número de aspersores em funcionamento simultâneo, porém, a norma não define o que é a área de operação e não

se percebe se o número de aspersores em funcionamento simultâneo corresponde apenas a cada UT ou se refere a um sistema. Estes valores deveriam depender do tipo de *sprinklers*, pois estes apresentam características próprias, que geram valores de áreas de cobertura diferentes, assim como os valores relativos à densidade de descarga. Este défice de informação é ainda visível, por exemplo, a nível da disposição espacial da extensão a proteger, posicionamento e métodos de dimensionamento (Teixeira, 2013), (Trindade, 2009), (Silva, 2012).

Um aspeto positivo que é facilmente identificável com esta comparação é a existência das Notas Técnicas da ANPC, sendo uma ferramenta bastante útil, pois esclarecem dúvidas que possam existir após análise do Decreto-Lei n.º 224/2015, da Portaria n.º 1532/2008, entre outros. Estas apresentam informação adicional ao regulamento e alguns destes documentos já se encontram complementados com informações provenientes das normas europeias e/ou americanas ou então fazem referência para quais as normas ou regulamentos a seguir. Uma vez que num futuro próximo está prevista a revisão do RT-SCIE, é esperado que estes e outros pormenores sejam tidos em conta na sua realização, para que a legislação portuguesa passe a ser clara e lacónica de forma a poder responder às necessidades do país.

De uma forma geral a norma europeia é acessível e perceptível, tendo apenas uma lacuna que incide no facto de em comparação com a norma americana possuir uma carência de informação, especialmente em particularidades da instalação de *sprinklers*. Da mesma forma que foi descrito na legislação portuguesa, a área de cobertura também depende do risco e não do tipo de *sprinkler*.

Comparando a norma europeia com a norma americana, inevitavelmente se verifica que existem algumas diferenças entre elas, como por exemplo, a colocação ou não de *sprinklers* em espaços fechados que não possuam materiais combustíveis, a norma europeia apoia a sua instalação nesses espaços enquanto que a norma americana recorre à colocação de *sprinklers* apenas quando o edifício no seu todo possui materiais de construção combustíveis.

Por fim, a norma americana pode ser descrita como uma norma de difícil consulta e compreensão devido não só à sua complexidade, mas também devido à quantidade de informação existente para cada situação específica e à existência de vários textos originados por erros ou normas revogadas, que faz aumentar a complexidade da consulta levando ao aumento do volume da informação (Silva, 2012).

Em suma, com a elaboração do trabalho de análise da regulamentação e normalizações, é considerado que a norma americana é a norma mais completa, uma vez que é a ela que normalmente se recorre quando nenhuma outra norma tem resposta para os problemas, no entanto, deveria ser mais simplificada de forma a permitir uma melhor compreensão. É por isto considerado que, a norma europeia é a mais acessível e perceptível.

Capítulo 3

Instalações e sistemas prediais de combate a incêndio por água

3.1. Enquadramento

O fogo é considerado uma das maiores descobertas da pré-história, uma vez que trouxe inúmeros benefícios ao homem. No passado, este era utilizado das mais variadas formas, tais como proteção (permitia afastar os predadores), fonte de calor (permitia aquecer o ser humano em épocas frias), elemento de caça (através de tochas que assustavam e encurralavam as presas) e como fonte de calor para cozinhar alimentos (tornando-os saborosos e saudáveis devido ao facto de permitir a extinção de várias bactérias existentes nos alimentos). Apesar disto, quando o fogo foge do controlo do homem, este recebe o nome de incêndio, causa danos e exige meios específicos para o extinguir (Carvalho, 2016).

Para que ocorra fogo é necessário a existência de três elementos que constituem o triângulo do fogo. Esses elementos designam-se por combustível (fornece a energia para a queima), comburente (reage quimicamente com a anterior) e energia de ativação (fundamental para originar a reação entre os dois anteriores), e estão representados na Figura 3.1.



Figura 3.1 – Triângulo do fogo (Lourenço et al., 2006)

O combustível é um dos responsáveis pelo desenvolvimento e propagação do fogo, uma vez que o fogo apenas existirá num local onde exista combustível, e diz respeito a tudo o que tem capacidade para entrar em combustão. O combustível ao reagir com o oxigénio produz calor, chamas e gases podendo existir no estado sólido, líquido e gasoso. O comburente é tudo aquilo que, em associação química com o combustível, consegue fazê-lo entrar em combustão, sendo o mais habitual o oxigénio. Desta forma, torna-se fácil compreender que em ambientes com níveis baixos de oxigénio, o fogo ir-se-á extinguir e, em ambientes com elevados níveis de oxigénio, as chamas são mais intensas e possuem temperaturas elevadas. A energia de ativação é o elemento que inicia a combustão, que a mantém e que a propaga e é uma energia que é necessária para que se inicie o fogo, podendo ter origem numa faísca elétrica, num raio elétrico, no atrito entre metais, entre outros.

Em síntese, o triângulo do fogo indica as formas de anulação do fogo por meio de eliminação de um dos seus elementos. O calor diz respeito ao elemento que dá início ao fogo, o combustível é o elemento que o alimentará e o comburente é o elemento que o ativa.

Porém, na combustão auto-sustentada e com chama, surge o efeito de reação em cadeia, o quarto elemento a associar aos três anteriores, dando origem ao tetraedro do fogo, indicado na Figura 3.2.



Figura 3.2 – Tetraedro do fogo (Lourenço et al., 2006)

O desenvolvimento de um incêndio é caracterizado pelo aparecimento e propagação de chamas, libertação de calor, emissão de fumos e gases e consumo de oxigénio. Este desenvolvimento depende do tipo de combustível, disposição do combustível e renovação de ar, entre outros. Porém, ao longo do seu desenvolvimento o incêndio atravessa quatro fases, sendo elas a eclosão, a propagação, a combustão contínua e o declínio das chamas, como representado na Figura 3.3.

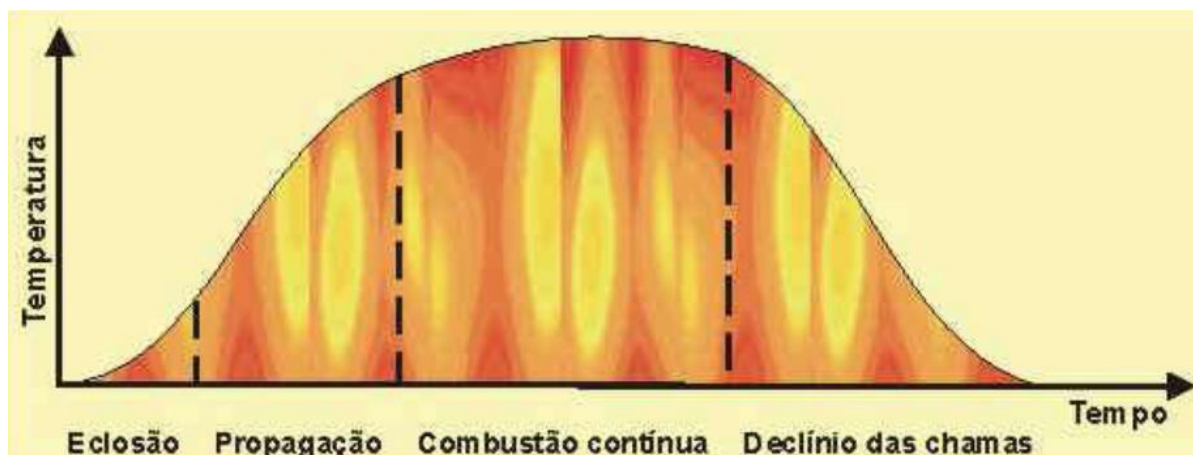


Figura 3.3 – Curva de desenvolvimento das quatro fases de um incêndio (Mendes, 2015)

Na fase de eclosão o incêndio encontra-se na sua fase inicial, onde as temperaturas são relativamente baixas e não apresenta influência no comportamento estrutural dos edifícios, mas, no entanto, representa perigo para a proteção da vida humana, devido à quantidade de oxigénio que vai originar o aumento gradual da temperatura, em conjunto com a libertação de gases. Na fase de propagação, o incêndio ativa-se rapidamente, alastrando por radiação, ou por contacto direto a outros corpos vizinhos, havendo uma significativa quantidade de chamas e temperaturas elevadas. Na fase de combustão contínua, verificam-se as temperaturas mais altas que podem atingir os 1000°C, podendo haver energia suficiente para provocar a combustão de todos os materiais existentes no edifício. Na fase de declínio das chamas, ocorre a diminuição progressiva das temperaturas, devido à carência de combustível ou comburente e/ou devido à intervenção do corpo de bombeiros (Carvalho, 2016).

De acordo com a forma como teve origem, o fogo pode ainda ser dividido por classes. Porém, ainda não existe uma harmonização entre as várias definições das diversas classes de fogo nas normas em vigor. De acordo com a norma portuguesa, NP 1800 (2012), existem as seguintes classes de fogo e classificam-se da seguinte forma:

- Classe A – Fogos sólidos: resultam da combustão de materiais sólidos, geralmente de natureza orgânica, como por exemplo, madeira, papel, tecidos, carvão, entre outros;
- Classe B – Fogos líquidos: resultam da combustão de líquidos, tais como a gasolina, gasóleo, álcool, éter, óleo, acetonas, plásticos, vernizes, entre outros;
- Classe C – Fogos de gases: resultam da combustão de gases, como por exemplo o hidrogénio, butano, propano, acetileno e gás natural e manifestam-se sempre com a formação de chamas;
- Classe D – Fogos de metais: resultam dos combustíveis dos metais, como por exemplo o sódio, potássio, magnésio, urânio, metais em pó (alumínio, cálcio e titânio), entre outros;
- Classe E – Fogos com óleos que resultam de fogos envolvendo produtos para cozinhar (óleos e gorduras vegetais ou animais) em aparelhos de cozinha;
- Não consta na normalização portuguesa, mas pode-se ainda considerar que existe um outro tipo de classes de fogo associado aos riscos elétricos.

Segundo a NFPA 10 (2013) os incêndios são classificados de acordo com 5 classes, em função da natureza do incêndio e do material combustível. Essas classes são as seguintes:

- Classe A – incêndio envolvendo materiais combustíveis sólidos, tais como madeiras, tecidos, papéis, borrachas, plásticos e outras fibras orgânicas, quer queimam em superfície e profundidade;
- Classe B – incêndio envolvendo líquidos e/ou gases inflamáveis ou combustíveis, tais como graxas, tintas, solventes, álcoois ou lacas;
- Classe C – incêndio envolvendo equipamentos e instalações elétricas em tensão;
- Classe D – incêndio em metais combustíveis e/ou pirofóricos, tais como magnésio, titânio, zircônio, sódio, potássio ou lítio;
- Classe K – incêndio em equipamentos de cozinha ou similares que envolvem óleos vegetais e gorduras.

De acordo com a norma ISO 3941 (2007), as classes estão divididas em 5, sendo definidas em termos da natureza do combustível. Essas classes são as seguintes:

- Classe A – incêndio envolvendo materiais sólidos, principalmente de natureza orgânica, que se tornam combustíveis ou incandescentes;
- Classe B – incêndio envolvendo líquidos ou sólidos que podem tornar-se líquidos;
- Classe C – incêndio envolvendo gases;
- Classe D – incêndio envolvendo metais;
- Classe F – incêndio envolvendo equipamentos de cozinha ou similares que envolvem óleos vegetais e gorduras.

3.2. Generalidades

A segurança contra incêndios em edifícios está dividida em dois tipos: segurança passiva e segurança ativa. A segurança passiva de um edifício está relacionada com medidas incorporadas ao edifício e que não necessitam de ser acionadas para desempenharem a sua função, como por exemplo as compartimentações, os caminhos de evacuação (corredores e escadas) e as propriedades dos materiais. Um exemplo de uma medida de segurança passiva são as portas corta-fogo (Figura 3.4).



Figura 3.4 – Medida de segurança passiva – porta corta-fogo [I5]

Por sua vez, a segurança ativa de um edifício está relacionada com medidas e instalações que necessitam de um acionamento manual ou automático para garantir o seu funcionamento em caso de incêndio. Estes meios de segurança ativa dividem-se em meios de primeira intervenção e meios de segunda intervenção, como indicado na Figura 3.5.

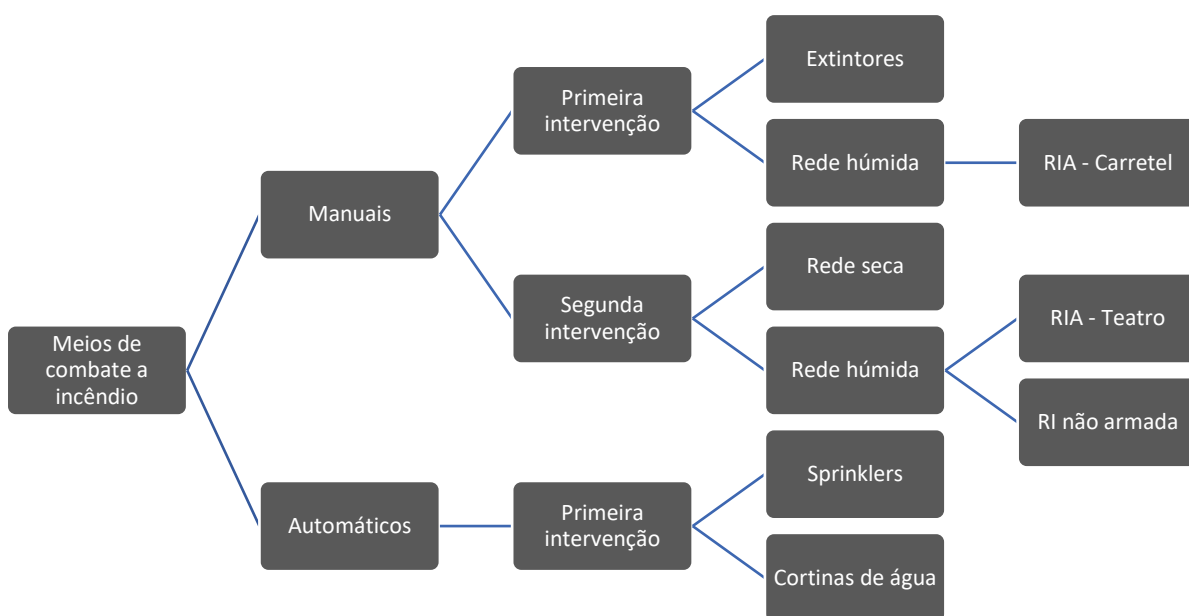


Figura 3.5 – Meios de combate a incêndio por via hídrica

Os meios de primeira intervenção são medidas de proteção que se baseiam na intervenção no combate a um incêndio, desencadeada imediatamente após a sua deteção pelos seus ocupantes, servindo para controlar ou extinguir até à chegada dos bombeiros, se possível. No caso dos meios de segunda intervenção, tal como o nome indica, são os meios a utilizar após a primeira intervenção não ter sido efetuada com êxito. Esta intervenção é feita por bombeiros ou equipas de segurança especializada, ao serviço do responsável de segurança, após ativação do alarme.

3.3. Extintores portáteis

Os extintores portáteis destinam-se ao combate a pequenos focos de incêndio, devendo ser instalados em locais bem visíveis e convenientemente sinalizados, sempre que possível nas comunicações horizontais ou, em alternativa, no interior das câmaras corta-fogo quando existam, em todos os espaços de dimensão significativa e junto das saídas dos mesmos, colocados em suporte próprio, de modo a que o manípulo fique a uma altura não superior a 1,2 m em relação ao pavimento (Pedroso, 2016).

Os extintores são correntemente designados em função do agente que contém, isto é, em função do produto ou conjunto de produtos contidos e cuja ação provoca a extinção. Desta forma encontram-se no mercado extintores de água, espuma, pó químico, dióxido de carbono (CO₂) e hidrocarbonetos halogenados. Um exemplo de um extintor está indicado na Figura 3.6.



Figura 3.6 – Extintor de incêndios

No caso dos extintores de água estes podem ser de pressão permanente ou pressurizada no ato de uso, mediante a utilização de um gás inerte (CO_2 ou N_2) a uma pressão variável entre 6 a 9 kg/cm^2 (CO_2), contido em garrafa própria, sendo constituídos, essencialmente pelos seguintes elementos (Coelho, 2010):

- Recipiente de forma cilíndrica;
- Difusor;
- Mangueira.

Os extintores de água mais utilizados têm uma capacidade de 6 a 9 litros, são recarregáveis e podem funcionar de forma intermitente, tendo um alcance eficaz de cerca de 9 a 12 m. Sempre que se verifique a possibilidade de ocorrerem temperaturas negativas têm de ser utilizados anticongelantes. No sentido de conseguir melhorar os resultados da ação da água no combate ao fogo é usual juntarem-se aditivos que devido às suas características, formam uma película sobre o combustível (*Light Water* ou molhantes) (Coelho, 2010).

Locais a equipar com extintores portáteis

De acordo com a Portaria n.º 1532/2008 devem ser dotadas de extintores todas as UT, com exceção das UT I (edifícios de habitação) da 1.ª e 2.ª categorias de risco, bem como todos os locais de risco C e F.

Os edifícios, estabelecimentos, recintos ou locais de risco devem, em regra, ser equipados com extintores portáteis, adequadamente distribuídos, à razão de 18 L de agente extintor padrão por 500 m^2 de área de pavimento do piso em que se situem, com um mínimo de dois por piso (um por cada 200 m^2) e por forma a que a distância a percorrer desde a saída de um local para os caminhos de evacuação até um extintor não exceda os 15 m (Pedroso, 2016).

3.4. Redes de incêndio armadas (RIA)

As RIA são canalizações fixas e rígidas permanentemente em carga, exclusivamente destinadas ao combate a incêndio, que permitem o fornecimento de água às bocas de incêndio. Desta forma, toda as bocas de incêndio que estejam armadas inserem-se neste grupo. As instalações deste tipo são constituídas por:

- Fonte de alimentação;
- Sistema de bombagem;
- Rede de distribuição de água, incluindo os acessórios;
- Bocas de incêndio;
- Mangueiras;
- Agulhetas;
- Acessórios diversos.

As RIA são dotadas de bocas de incêndio armadas (BIA) que podem ser do tipo carretel ou do tipo teatro, utilizam água para o combate a incêndio e podem ter diâmetros diferentes. As BIA do tipo carretel correspondem a um meio de primeira intervenção e as do tipo teatro a um meio de segunda intervenção.

3.4.1. Fontes de alimentação

As redes de incêndio armadas podem ser alimentadas, na situação mais usual, pela rede pública. Outra forma de alimentação é um reservatório dimensionado com base no número de bocas de incêndio armadas que funcionem simultaneamente e na autonomia desejada. Independentemente da fonte de alimentação escolhida para a rede de incêndios armada, esta deve possibilitar a alimentação da mesma garantindo as condições de pressão e caudal pretendidos. O diâmetro das tubagens de alimentação não deve, de preferência, ser inferior a 50 mm (Pedroso, 2016).

3.4.2. Bocas de incêndio armadas com mangueiras semi-rígidas ou do tipo carretel

Este tipo de bocas de incêndio deve ser instalado ou não em armários, dispondo de mangueiras semi-rígidas e cuja constituição é a seguinte:

- Boca de incêndio;
- Subconjunto tambor e válvula de fecho;
- Carretel com tambor fixo ou móvel;
- Agulheta.

Os armários onde poderão estar inseridas estas bocas de incêndio devem estar dotados de uma porta que pode, ou não, possuir uma fechadura, devendo nestes casos dispor de uma abertura de urgência que seja de um material transparente e quebrável com facilidade. As portas dos armários devem abrir num ângulo próximo dos 180° de forma a permitir que a mangueira seja desenrolada em todas as direções (Figura 3.7). Nos armários que estejam equipados com uma válvula de fecho manual (válvula de fecho do tipo rosca), deve existir uma distância mínima de 35 mm entre o diâmetro exterior do volante de manobra da válvula e as paredes do armário (Coelho, 2010).



Figura 3.7 – Boca de incêndio armada do tipo carretel [I6]

Locais a equipar com redes de incêndio armadas do tipo carretel

De acordo com a Portaria n.º 1532/2008, devem ser servidos por redes de incêndio armadas, providas com bocas de incêndio do tipo carretel, os seguintes locais:

- As UT II a VIII e XII, da 2.ª categoria de risco ou superior;
- As UT II da 2.ª categoria de risco, que ocupem espaços cobertos cuja área seja superior a 500 m²;
- As UT I, IX e X, da 3.ª categoria de risco ou superior;
- Locais que possam receber mais de 200 pessoas.

Localização das bocas de incêndio armadas do tipo carretel

As bocas de incêndio do tipo carretel devem ser dispostas da seguinte forma, de acordo com a Portaria n.º 1532/2008:

- O comprimento das mangueiras utilizadas permita atingir, no mínimo, por uma agulheta, uma distância não superior a 5 m de todos os pontos do espaço a proteger;
- A distância entre as bocas não seja superior ao dobro do comprimento das mangueiras utilizadas;
- Exista uma boca de incêndio nos caminhos horizontais de evacuação junto à saída para os caminhos verticais, a uma distância inferior a 3 m do respetivo vão de transição;
- Exista uma boca de incêndio junto à saída de locais que possam receber mais de 200 pessoas.

Suporte de mangueira (tambor)

O tambor constitui o suporte da mangueira e é formado por duas abas laterais com diâmetro exterior máximo de 800 mm e um cilindro interior com diâmetro mínimo de 200 mm para as mangueiras de 19 mm e 25 mm e de 280 mm para as mangueiras de 33 mm (Coelho, 2010). O movimento de rotação do tambor deverá ser ensaiado de acordo com as disposições existentes na norma NP EN 671-1.

Mangueiras e agulhetas

As mangueiras deste tipo equipadas com uma agulheta na sua extremidade, têm um comprimento máximo de 30 m e um diâmetro nominal igual a 19 mm, 25 mm ou 33 mm. A agulheta deve permitir as posições de fecho, pulverização e/ou jato. As agulhetas reguláveis devem ser marcadas de forma a indicarem os sentidos de abertura e fecho, enquanto as reguláveis por manípulo devem ser marcadas de modo a indicar as posições de fecho, pulverização e/ou jato. As agulhetas devem resistir ao choque por forma a que, de acordo com os ensaios da norma NP EN 671-1, não fiquem partidas nem apresentem fugas visíveis (Coelho, 2010).

Válvula de fecho de alimentação

A válvula de fecho de alimentação que equipa a boca de incêndio pode ser manual ou automática e deve obedecer às normas nacionais. A válvula de fecho manual pode ser de rosca ou de abertura rápida, sendo a sua escolha feita em função do efeito de aríete e o seu fecho assegurado por manípulo ou volante efetuado no sentido dos ponteiros do relógio. O sentido da abertura deve ser assinalado com uma marcação e o número máximo de voltas do volante para abrir completamente as válvulas de rosca, é de três voltas e meia. Por sua vez, a válvula de fecho automático deve abrir no máximo de três rotações completas do tambor (Coelho, 2010).

3.4.3. Bocas de incêndio armadas com mangueiras flexíveis ou do tipo teatro

Estas bocas de incêndio são identificadas pelo tipo de montagem, pelo tipo de suporte da mangueira flexível, pelas dimensões do diâmetro nominal da mangueira em milímetros e pelo respetivo comprimento em metros. Quanto à forma de montagem, existem as três seguintes (Coelho, 2010):

- Forma A – montadas num nicho mural com uma porta;
- Forma B – montadas num armário encastrado ou embutido num nicho mural;
- Forma C – montadas num armário saliente.

A proteção dos armários é feita por porta que pode, ou não, dispor de fechadura. Quando existir fechadura, os armários devem possuir uma abertura de urgência que seja de um material transparente e facilmente

quebrável. Quando utilizados para a instalação destas bocas os armários podem ainda guardar outros equipamentos de combate a incêndio, desde que possuam dimensões suficientes e o equipamento não afete a pronta utilização da boca de incêndio armada. As portas devem abrir de um ângulo de cerca de 180° de forma a permitir que a mangueira seja desenrolada em todas as direções (Figura 3.8). Os armários com tipo de montagem da forma C devem ainda possuir na sua base orifícios que permitam a drenagem. Nos armários que estejam equipados com uma válvula de fecho manual (válvula de fecho do tipo rosca), deve existir uma distância mínima de 35 mm entre o diâmetro exterior do volante de manobra da válvula e as paredes do armário (Coelho, 2010).



Figura 3.8 – Boca de incêndio armada do tipo teatro [I7]

Locais a equipar com redes de incêndio armadas do tipo teatro

De acordo com a Portaria n.º 1532/2008, os locais que devem ser servidos por redes de incêndio armadas, providas com bocas de incêndio do tipo teatro, são as UT IV, V, VI, VIII e XII da 4.ª categoria de risco.

Localização das bocas de incêndio armadas do tipo teatro

As bocas de incêndio armadas do tipo teatro munidas com mangueiras flexíveis de 45 mm ou 70 mm, de acordo com a Portaria n.º 1532/2008, devem estar sinalizadas e localizarem-se, por ordem de prioridade, na caixa de escadas, em câmaras corta-fogo, se existirem, noutros locais, permitindo que o combate a um possível incêndio se faça a partir de um local protegido.

Suporte de mangueira (tambor)

O tambor, que tem a função de servir de suporte à mangueira, pode ser de três tipos (Coelho, 2010):

- Tipo 1 – Tambor rotativo com mangueira enrolada;
- Tipo 2 – Sela com a mangueira disposta em pregas duplas;
- Tipo 3 – Cesto com a mangueira acamada.

Mangueiras, uniões e agulhetas

Este tipo de mangueiras deve possuir um diâmetro interior não superior a 52 mm e o comprimento não deve ser superior a 20 m. O tipo de união utilizado é determinado pelo utilizador e a fixação das uniões à mangueira deve garantir uma pressão constante em todo o perímetro desta quando enfiada no canhão da união. A agulheta deve permitir as posições de fecho, pulverização e/ou jato. As agulhetas reguláveis devem ser marcadas de forma a indicarem os sentidos de abertura e fecho, enquanto as reguláveis por manípulo devem ser marcadas de modo a indicar as posições de fecho, pulverização e/ou jato. As agulhetas devem resistir ao choque por forma a que, de acordo com os ensaios da norma NP EN 671-2, não fiquem partidas nem apresentem fugas visíveis (Coelho, 2010).

Válvula de fecho de alimentação

A válvula de fecho de alimentação das bocas de incêndio do tipo teatro pode ser de rosca ou de outro tipo de abertura lenta e o seu fecho é assegurado por um manípulo ou volante que roda no sentido dos ponteiros do relógio. O sentido de abertura deverá ser assinalado com uma marcação. Esta válvula deve estar numa posição que permita a existência de um espaço de 35 mm entre o diâmetro exterior do volante de manobra e as paredes do armário (Coelho, 2010).

3.4.4. Cores, simbologia e marcação

Os suportes das mangueiras devem ser de cor vermelha e o símbolo pode ter uma superfície luminescente. No que diz respeito à marcação, as bocas de incêndio armadas devem conter as seguintes informações (Coelho, 2010):

- Nome do fornecedor ou da marca comercial (ou ambos);
- O número da Norma;
- O ano de fabrico;
- A pressão máxima de serviço;
- O diâmetro nominal e comprimento da mangueira;

- O diâmetro do orifício da agulheta marcado na própria agulheta.

As bocas de incêndio armadas devem possuir instruções de funcionamento completas a afixar no próprio local ou na pior das hipóteses, na sua proximidade, como indicado na Figura 3.9.



Figura 3.9 – Exemplo de cores, simbologia e marcação

3.4.5. Dimensionamento e características hidráulicas

Além das considerações gerais e das disposições já referidas, é necessário ter em conta que a pressão nas bocas de incêndio do tipo teatro deve ser, no mínimo, de 350 kPa, e no caso das bocas de incêndio do tipo carretel esse valor é de 250 kPa. No que diz respeito aos caudais mínimos são de 4,0 L/s, com metade delas em funcionamento, num máximo de quatro, para as bocas de incêndio do tipo teatro e 1,5 L/s, com metade das bocas abertas, até um máximo exigível de quatro, para as bocas de incêndio do tipo carretel.

De forma a dimensionar as redes de incêndio armadas é necessário conhecer os seguintes elementos:

- D – Diâmetro das bocas de incêndio (mm);
- Q_{ins} – Caudal instantâneo a garantir (L/s);
- P_{min} – Pressão mínima necessária nas bocas de incêndio (kPa);
- N_{BI} – Número de bocas de incêndio em funcionamento simultâneo para a situação mais desfavorável.

Após o conhecimento destes elementos, a ordem de cálculo é a seguinte:

- Determinação de N_{BI} e a sua localização no edifício em causa;

- Fixação do Q_{ins} ;
- Determinação do caudal de cálculo ($Q_{cál} = N_{BI} \cdot Q_{ins}$).

Conhecendo o caudal de cálculo e considerando em relação à tubagem que constitui a coluna da rede de incêndio armada que:

- D – Diâmetro (mm);
- Q – Caudal (m³/s);
- V – Velocidade de escoamento (m/s);
- J – Perda de carga (m/m);
- b – Fator relativo à rugosidade do material;

o diâmetro da tubagem e as perdas podem ser calculadas através das expressões 3.1 e 3.2:

$$D = \sqrt{\frac{1,2 \times Q}{V}} \quad (3.1)$$

$$J = 4 \times b \times V^{\frac{7}{4}} \times D^{-\frac{5}{4}} \quad (3.2)$$

Tendo em conta que as perdas de carga localizadas podem ser obtidas, aproximadamente, agravando em 30% o comprimento l dos troços, resulta que as perdas totais são iguais a $1,3 \times J \times l$. Conhecendo as perdas totais de carga ao longo dos troços em análise e a pressão que deve ser garantida na boca de incêndio mais desfavorável, é determinada a pressão à entrada do edifício.

3.5. Redes/colunas secas e húmidas

3.5.1. Redes/colunas secas

As redes secas são um meio de segunda intervenção apenas utilizável pelos bombeiros. Estas redes são canalizações fixas e rígidas instaladas nos edifícios e permitem alimentar bocas de incêndio não-armadas que estão situadas nos pisos das edificações. Uma rede seca compreende uma boca de alimentação (dupla) na fachada (boca siamesa), a rede propriamente dita e as bocas de incêndio (duplas) nos pisos. Trata-se de uma rede fixa que se desenvolve na vertical, usualmente situada nos patamares de acesso das comunicações verticais, ou nas câmaras corta-fogo, caso existam, em todos os pisos, exceto no piso do plano de referência, desde que devidamente sinalizadas, e nos três pisos abaixo ou acima do plano de referência das utilizações-tipo I e II, nos casos em que estes não possuam bocas (Pedroso, 2016).

Esta rede constitui uma interligação fixa entre as mangueiras utilizadas no combate ao incêndio e a boca de alimentação, no exterior, a qual é alimentada a partir dos sistemas de bombagem existentes nos veículos urbanos de combate a incêndios (Figura 3.10). A rede designa-se por rede seca descendente ou por rede seca montante consoante sirva pisos, respetivamente, abaixo ou acima do nível de referência (Nota Técnica n.º 13, 2013).

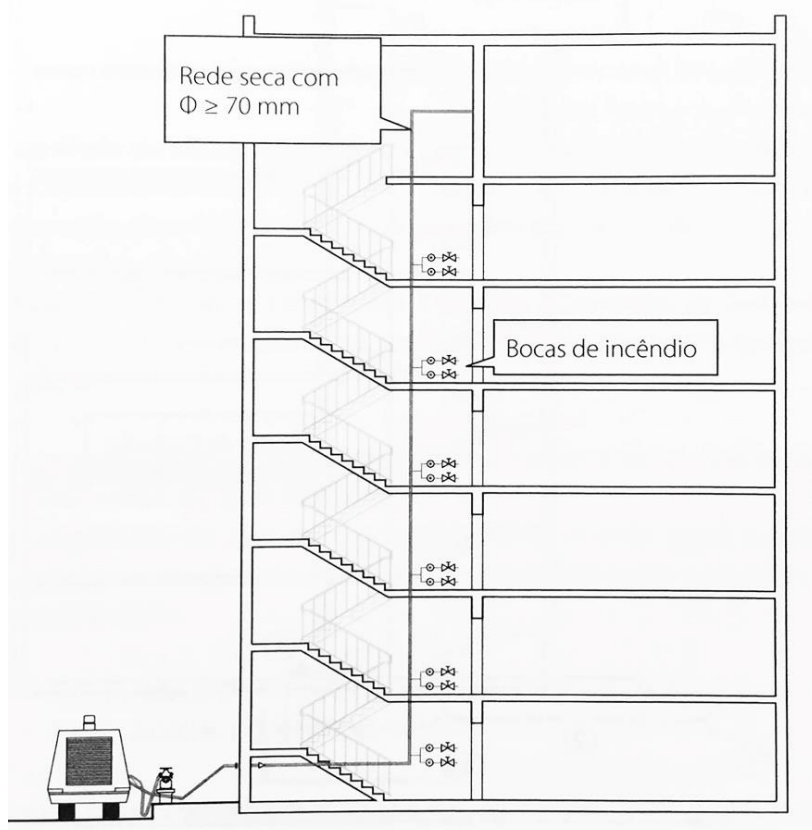


Figura 3.10 – Exemplo esquemático de uma rede seca (Coelho, 2010)

As colunas das redes secas devem possuir um traçado vertical retilíneo, sempre que possível. Estas colunas devem possuir apenas saídas para as bocas de incêndio de 2ª intervenção e terminar por um troço vertical na sua extremidade com um comprimento nunca inferior a 1,5 m, medido a partir da boca de incêndio mais elevada. No que diz respeito às colunas descendentes, estas devem possuir uma válvula de purga no seu ponto mais baixo. As colunas montantes devem possuir diâmetro nominal DN 80 para utilizações-tipo da 2ª categoria de risco ou inferior e diâmetro nominal DN 100 para utilizações-tipo da 3ª e 4ª categorias de risco (Nota Técnica n.º 13, 2013). As colunas descendentes possuem diâmetro nominal DN 80. As de diâmetro nominal DN 80 permitem pelo menos alimentar duas bocas de incêndio e as de diâmetro nominal DN 100 permitem pelo menos alimentar quatro bocas de incêndio.

As bocas de alimentação devem ser duplas (siamesas), ser colocadas no exterior do edifício e possuir uniões tipo STORZ de DN 75 mm. Estas devem ter o eixo a uma cota em relação ao pavimento da via de acesso compreendida entre 0,80 m e 1,20 m e devem ser protegidas por armário (ou nicho dotado de porta) com as dimensões mínimas de 0,80 × 0,80 m, com porta devidamente sinalizada no exterior contendo a frase «SI – REDE SECA» ou o pictograma equivalente (consultar Nota Técnica n.º 11), contendo pelo interior a identificação das redes «MONTANTE» ou «DESCENDENTE». A parte inferior do nicho deve estar, no mínimo, a 0,50 m do eixo da boca. As bocas de alimentação devem ser dotadas de válvulas antirretorno. As bocas de alimentação devem ser instaladas com as entradas de água viradas para o pavimento e a sua projeção deve ser tal que os planos perpendiculares ao seu eixo, que contêm,

respetivamente, as secções nos pontos de ligação à coluna, ou ao ramal, e de entrada de água na junção STORZ, façam entre si um ângulo de 33° (Nota Técnica n.º 13, 2013). Todas as bocas de alimentação devem possuir um bujão a elas preso por corrente.

As bocas de incêndio (BI) devem ser dotadas de uniões do tipo “STORZ” de DN 52 mm. A sua instalação deve ser de tal forma que a soleira destas em relação ao pavimento fique a uma distância compreendida entre 0,80 m e 1,20 m. É admitida a sua localização à vista, dentro de nichos ou de armários, sinalizados na parte visível da porta e com a frase «SI – REDE SECA». A distância mínima entre o eixo das bocas e a parte inferior dos nichos ou armários é de 0,50 m. As bocas de incêndio devem estar equipadas com válvula de passagem com abertura por volante e este deve indicar o sentido da abertura e do fecho da válvula. Todas as bocas devem possuir tampões ligados às bocas através de uma corrente. O corpo das bocas de incêndio deve ser de um material resistente a ambientes corrosivos e a ações mecânicas (Nota Técnica n.º 13, 2013).

Quando a boca de incêndio não for ligada diretamente à tubagem vertical, será necessário existir um ramal de ligação que deve ter o mesmo diâmetro da coluna. Este troço horizontal deve ser retilíneo e o mais curto possível. Pode ser instalado à face ou embebido, não podendo atravessar locais de risco C, garantindo nos restantes casos as condições de proteção anteriormente já indicadas para as colunas. O cotovelo de ligação à coluna deve possuir um raio de curvatura de 0,15 m para diâmetros DN 80 e 0,20 m para diâmetros DN 100. Nos casos em que a coluna é descendente, no ponto mais alto do ramal, será instalada uma válvula de purga de ar (Nota Técnica n.º 13, 2013).

Locais a equipar com sistemas de redes secas

De acordo com a Portaria n.º 1532/2008, os locais a equipar com sistemas de redes secas ou húmidas, com bocas de incêndio não-armadas, são os locais que comportem as UT I e II da 2.ª categoria de risco.

Dimensionamento e características hidráulicas

Algumas considerações que devem ser tomadas em conta anteriormente à elaboração do cálculo, são:

- Os materiais utilizados nos elementos da rede devem resistir, no mínimo, a temperaturas na ordem dos 400°C;
- A instalação deve ter capacidade de suportar pressões de ensaios na ordem dos 2500 kPa;
- A medição das pressões mínimas deverá ser feita na boca de incêndio mais desfavorável;
- No cálculo deve ser considerado um funcionamento em simultâneo de metade das bocas de incêndio, num máximo de 4;
- A boca de incêndio a uma cota mais elevada deve ter uma pressão mínima de 350 kPa;
- A velocidade máxima da água nas condutas é de 10 m/s.

Posteriormente à avaliação destas considerações importa saber quais são as soluções possíveis para este tipo de construção. As soluções são dois tipos distintos de rede seca, as que alimentam duas bocas de incêndio e as que alimentam quatro bocas de incêndio em simultâneo. Para os diâmetros de coluna de DN 80 e DN 100 e os caudais referidos, as perdas de carga globais, calculadas entre a boca de alimentação e a boca de incêndio mais desfavorável, devem ser inferiores às indicadas na Tabela 3.1 (Nota Técnica n.º 13, 2013).

Tabela 3.1 – Fatores para o dimensionamento

Diâmetro	Caudal	Perda de carga global
DN 80	50 m³/hora	850 kPa
DN 100	100 m³/hora	700 kPa

Depois de avaliadas as características acima referidas, é ainda exigido a análise dos seguintes dados fornecidos:

- Diâmetro e caudal das bocas de incêndio;
- Pressão mínima nas bocas de incêndio;
- Funcionamento e simultaneidade das bocas de incêndio;
- Diâmetro da boca de alimentação;
- Comprimento dos troços a dimensionar;
- Material utilizado.

Por sua vez, o caudal de dimensionamento é determinado, considerando que:

- Q_d – Caudal de dimensionamento (m³/s);
- N_{BI} – Número de bocas de incêndio em funcionamento simultâneo para a situação mais desfavorável.;
- Q_{inst} – Caudal instantâneo característico das bocas de incêndio a considerar (m³/s);

e é dado pela expressão 3.3:

$$Q_d = N_{BI} \times Q_{inst} \quad (3.3)$$

A determinação da velocidade de escoamento e da perda de carga de percurso das tubagens é feita com base nas expressões 3.1 e 3.2, respetivamente. Nestes sistemas não há qualquer valor limite de velocidade de escoamento uma vez que não há preocupações com o ruído e a durabilidade das tubagens, já que estas apenas são utilizadas em situações pontuais. Num caso extremo, a velocidade limite de escoamento é a que faz com que o sistema entre em ressonância. As perdas de carga devido às singularidades podem ser obtidas pelo método do comprimento equivalente. As perdas de carga singulares podem ainda ser tratadas como uma percentagem das perdas totais e deverá ser considerado um acréscimo de 30%. As perdas de carga totais podem ser calculadas de acordo com as expressões 3.4 e 3.5, consoante se pretenda,

respetivamente, considerar o cálculo independente das perdas de carga singulares ou o método do comprimento equivalente:

$$\Delta H_t = \Delta h + J_t + \Delta H \quad (3.4)$$

$$\Delta H_t = J_t + \Delta h \quad (3.5)$$

Em que:

- ΔH_t – Perda de carga total (m.c.a.);
- ΔH – Perda de carga singular (m.c.a.);
- Δh – Perda de carga provocada por variação de cota (m.c.a.);
- J_t – Perda de carga total de cada troço (m.c.a.).

É importante ainda referir que o dimensionamento de uma coluna seca, tem de ter em conta, para além do que foi referido, a compatibilidade entre a pressão na boca de alimentação e a que é disponibilizada pelos veículos de socorro. Neste sentido é essencial aferir, junto da ANPC, qual a disponibilidade de pressão que dispõem os veículos, para que sejam evitados problemas de sub ou sobrepressão.

Casos particulares

O dimensionamento das redes secas deve ser justificado pelo projetista através do cálculo hidráulico sempre que seja verificada uma das seguintes condições (Nota Técnica n.º 13, 2013):

- O comprimento do ramal de alimentação seja superior a 14 m;
- A ligação das bocas de incêndio não seja direta à coluna, mas efetuada em troços horizontais de tubagem;
- A altura da UT que serve seja superior a 50 m.

3.5.2. Redes/colunas húmidas

A diferença entre o sistema de rede húmida e o sistema de rede seca é a forma como as canalizações ficam em carga. Ao contrário da rede seca, a rede húmida está permanentemente com água, permitindo desta forma que o combate a incêndio seja possível sem que seja necessária a utilização de um veículo de socorro. A alimentação da rede húmida é assegurada por um reservatório que é alimentado pela rede pública e que, através de um grupo sobressor, permite um abastecimento permanente, em conformidade com a Nota Técnica n.º 15 (Nota Técnica n.º 13, 2013). Os sistemas de rede húmida apresentam grande dimensão nos diâmetros das tubagens e por isso podem ser utilizados em simultâneo como métodos de primeira e segunda intervenção. Para além da coluna húmida, podem alimentar bocas de incêndio armadas com mangueiras semi-rígidas enroladas em carretel, à semelhança do que acontece nas redes de incêndio armadas.

No que diz respeito à construção e localização os sistemas de rede húmida são semelhantes aos de rede seca. No entanto existem algumas variações, que se prendem, principalmente, com o facto destes sistemas contemplarem a instalação de um reservatório, como seguidamente indicado na Figura 3.11. O reservatório será instalado na base do edifício e o abastecimento de água para as bocas de incêndio dos pisos superiores é assegurado através da utilização de um sistema de bombagem. No caso dos pisos abaixo do piso de referência o abastecimento acontece por gravidade.

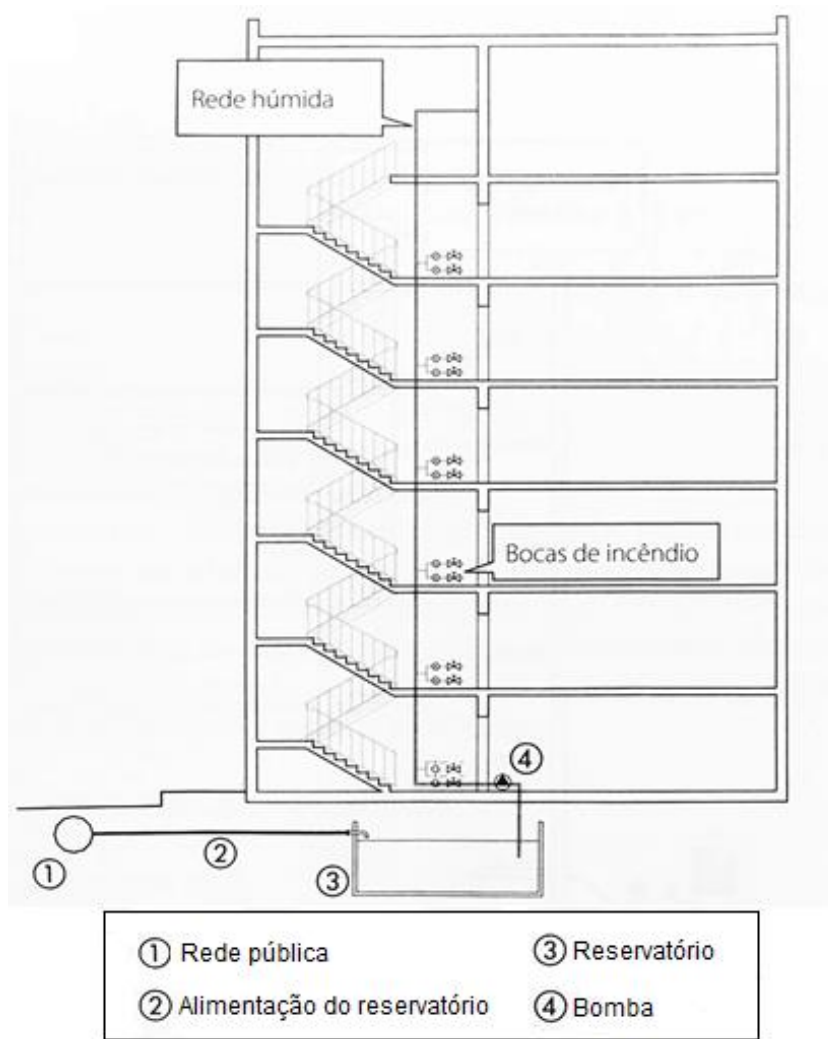


Figura 3.11 – Exemplo esquemático da rede húmida e instalação de alimentação (Coelho, 2010)

Além de estar permanentemente em carga, a coluna húmida deve estar provida de um sistema seco que funciona como alternativa e que assegura o abastecimento no caso de avaria. A Portaria n.º 1532/2008 indica que deve ser assegurado o abastecimento direto da coluna húmida instalando uma união siamesa, que permita o abastecimento por parte dos bombeiros. É ainda recomendado que seja instalada uma rede seca que através de uma união siamesa permita o abastecimento do reservatório, possibilitando a utilização do grupo elevatório em caso de avaria na rede pública (Pedroso, 2016).

A boca dupla, siamesa, de alimentação alternativa, deve possuir uma válvula antirretorno onde cada uma das junções será de aperto rápido tipo “STORZ” DN 75. Esta boca de alimentação deve localizar-se na

fachada junto à faixa de operação, se existir, localizada na vida de acesso. Deve ter o eixo a cota de nível em relação ao pavimento da via de acesso compreendida entre 0,80 e 1,20 m. No que diz respeito à sinalização deve-se colocar uma placa com a indicação «SI – REDE HÚMIDA» no exterior do armário onde é guardado este dispositivo. No interior do armário deverá existir uma placa com a inscrição «BOCA SECA» ou os pictogramas equivalentes (ver Nota Técnica n.º 11) (Nota Técnica n.º 13, 2013).

Locais a equipar com sistemas de rede húmida

Como já foi referido anteriormente, devem ser servidas por redes secas ou húmidas as UT I e II da 2.ª categoria de risco.

De acordo com a Portaria n.º 1532/2008, devem ainda ser equipados com sistemas de rede húmida os seguintes locais:

- Todas as UT da 3.ª categoria de risco ou superior, com exceção das UT VIII;
- UT IV, V, VI, VIII e XII da 4.ª categoria de risco; nestes casos as bocas de incêndio serão armadas com dispositivos do tipo teatro.

Dimensionamento e características hidráulicas

O cálculo inicial deste tipo de sistema é idêntico ao cálculo dos sistemas de rede seca. Assim sendo, o dimensionamento das tubagens de todos os troços que constituem este meio de combate a incêndio, segue todos os pontos referidos no dimensionamento e características hidráulicas das redes secas. O cálculo da bomba e do respetivo reservatório, que distingue o dimensionamento deste meio de combate em relação à rede seca, deve ser feito depois do dimensionamento de todos os troços anteriormente referidos.

3.6. Sistemas automáticos de extinção de incêndios por água (*sprinklers*)

Os sistemas automáticos de extinção por *sprinklers* são sistemas que utilizam a água como agente extintor, formados por canalizações fixas e rígidas instaladas nos edifícios, e que têm a capacidade de detetar e extinguir/controlar um incêndio, na sua fase inicial, de forma automática, isto é, sem que exista intervenção de operador. Cada sistema de *sprinklers* é composto por uma fonte de alimentação, um posto de controlo, as colunas, os troncos, os ramais e os sub-ramais onde são instalados os *sprinklers*. A reserva de água destes sistemas é garantida por um depósito privativo do serviço de incêndio e de uma central de bombagem, que devem estar ambos em conformidade com as exigências do RT-SCIE. Um exemplo da composição de um sistema de *sprinklers* está indicado na Figura 3.12.

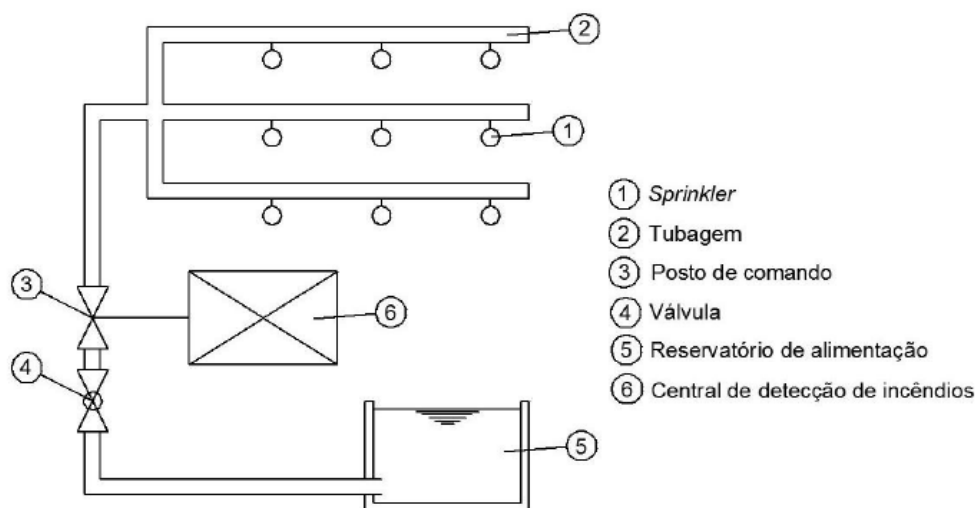


Figura 3.12 – Exemplo de um sistema de *sprinklers* (Natividade, 2010)

Estes sistemas de extinção automáticos podem ser classificados em diferentes categorias. Estas categorias são o sistema standard em que os *sprinklers* são providos de um dispositivo de detecção de incêndio e o sistema dilúvio que é constituído por um mecanismo de alarme que se localiza na zona onde estão instalados os *sprinklers*.

3.6.1. Locais a equipar com sistemas automáticos de extinção de incêndios por água

Os sistemas fixos de extinção automática por água através de *sprinklers* devem ser utilizados, de acordo com a Portaria n.º 1532/2008 e a Nota Técnica n.º 16, nos seguintes casos:

- Pretendendo duplicar as áreas máximas uteis admissíveis para os compartimentos corta-fogo em todas as UT, com exceção dos espaços afetos à UT I, dos locais de risco D e de outros locais onde tal já é exigido e que a seguir se referem;
- Nas UT II das 2.ª, 3.ª e 4.ª categorias de risco, com dois ou mais pisos abaixo do nível de referência;
- Nos parques automáticos, em todos os pisos;
- Nas UT III, VI, VII e VIII, das 3.ª e 4.ª categorias de risco;
- Na UT VI, nas caixas de palco com área total até 50 m² e nos sub-palcos, de espaços cénicos isoláveis;
- Nas UT XII das 2.ª, 3.ª e 4.ª categorias de risco;
- Nos locais adjacentes a pátios interiores com altura superior a 20 m;
- Nos locais de difícil acesso, com elevada carga térmica e julgado necessário pela ANPC ou entidade delegada;

- Nos postos de transformação existentes que utilizem dielétrico líquido inflamável quer nos transformadores quer nos dispositivos de corte e cuja localização não esteja de acordo com o RT-SCIE, como medida compensatória e devidamente justificada;
- Nas aberturas em paredes ou pavimentos resistentes ao fogo atravessadas por meios de transporte móveis, cintas ou telas, como medida compensatória e devidamente justificada;
- Nos locais de fabrico, armazenamento ou manipulação de produtos não reagindo perigosamente com a água, como medida compensatória e devidamente justificada;
- Nos depósitos de líquidos ou gases inflamáveis, como medida compensatória e devidamente justificada;
- Nas zonas destinadas a pintura ou aplicação de vernizes, colas ou solventes orgânicos com ponto de inflamação inferior a 55 °C, em espaços de edifícios com área superior a 30 m²;
- Nos equipamentos industriais e em todos os locais existentes que não possam cumprir integralmente as medidas passivas indicadas no RT-SCIE.

Nas caixas de palco com área superior a 50 m² e nos sub-palcos, em espaços cénicos isoláveis os sistemas automáticos de extinção de incêndios por água devem ser do tipo dilúvio, inundação total, comandados, pelo menos, manualmente, a partir do interior da caixa de palco (junto a uma saída) e do posto de segurança.

A configuração destes sistemas de *sprinklers*, de acordo com o RT-SCIE, deve respeitar as seguintes condições:

- Sem prejuízo de outros valores mais gravosos estabelecidos pela norma EN 12845, as características mínimas destes sistemas são definidas em especificação pela ANPC ou, na sua falta, os valores indicados na Tabela 3.2;

Tabela 3.2 – Critérios de dimensionamento de sistemas fixos de extinção automática por água

Utilização-tipo	Densidade da descarga (L/min/m ²)	Área de operação (m ²)	N.º de aspersores em funcionamento simultâneo	Calibre dos aspersores (mm)	Tempo de descarga (min)
II	5	144	12	15	60
III, VI (*), VII, VIII	5	216	18	15	60
XII	10	260	29	20	90

(*) Incluindo sistemas tipo dilúvio previstos para a UT VI, com um tempo de descarga de 30 min.

- Os aspersores devem, na generalidade, ser calibrados para 68 °C, exceto justificações em contrário;
- A alimentação de água ao sistema deve ser feita através de um reservatório privativo do serviço de incêndio e central de bombagem, com as características indicadas no Artigo 171.º do RT-SCIE (ver Notas Técnicas n.º 14 e 15) com exceção para a capacidade máxima do depósito que deve ser função do caudal estimado para o sistema (adicionado ao previsto para a rede de incêndios armada);

- É exceção à alínea anterior a UT II da 2.^a categoria de risco, quando exclusiva ou quando complementar de outra UT cuja categoria não exija, por si só, a construção de um depósito privativo do serviço de incêndios;
- Os postos de comando do sistema devem estar situados em locais acessíveis aos meios de socorro dos bombeiros e devidamente sinalizados.

3.6.2. Classificação dos locais quanto ao risco

A escolha dos *sprinklers*, o tipo de instalação e as necessidades de abastecimento de água são função do risco de incêndio e dos produtos fabricados e armazenados. A norma europeia EN 12845 e a NFPA 13 fazem abordagens ligeiramente diferentes desta problemática.

A norma EN 12845 aborda as classes de risco agrupando os edifícios ou áreas a proteger contendo produtos de risco de incêndio com a seguinte graduação (Nota Técnica n.º 16, 2011):

- Risco ligeiro (RL): ocupações não industriais com baixo risco de incêndio e combustibilidade, em que as áreas superiores a 126 m² têm de possuir uma envolvente com resistência ao fogo superior a 30 minutos. São locais de risco ligeiro, por exemplo: escolas e outros estabelecimentos de ensino, edifícios administrativos e prisões;
- Risco ordinário (RO): espaços (indústrias e armazéns) onde são processados ou fabricados materiais com risco médio de incêndio e média combustibilidade. Esta classe de risco subdivide-se em 4 grupos, que diferem em função da altura de armazenamento, espaços entre cargas, etc.:
 - RO₁ – são exemplos: fábricas de cimento e de produtos em chapa metálica; matadouros; indústrias de lacticínios; hospitais; hotéis; bibliotecas; restaurantes; escolas; edifícios administrativos; salas de computadores.
 - RO₂ – são exemplos: laboratórios fotográficos; indústrias de produtos fotográficos; stand de automóveis (garagens); fábricas de construção de máquinas; padarias; fábrica de doces; cervejarias; fábricas de chocolate; fábricas de confeções; laboratórios; lavandarias; parqueamentos; museus e fábricas de peles.
 - RO₃ – são exemplos: fábricas de: vidros; sabão; eletrónica; aparelhagem rádio; frigoríficos; máquinas de lavar; alimentação para animais (rações); vegetais desidratados; açúcar; papel; cabos; de plástico e artigos em plástico (excluindo as espumas); borracha; fibras sintéticas excluindo acrílicos; tapeçarias (excluindo borracha e espuma plástica); tecidos e roupas; calçado; malhas; linho; colchões (espuma plástica); costura; tecelagem; lãs e estambre; mobiliário em madeira. E ainda tinturarias; moagens; estúdios de emissão de rádio; gares de caminho-de-ferro; gabinetes de projeto; tipografias; carpintarias; salas de exposição de mobiliário em madeira; e oficinas de estofadores (excluindo a espuma plástica).
 - RO₄ – são exemplos: fábricas de: cera (para velas); fósforos; tabaco; cordame; preparação de linho e cânhamo; aparas de madeira; contraplacado. E ainda oficinas de pintura,

destilarias de álcool; cinemas e teatros; salas de concertos; reciclagem de papel; salões de exposição; selagem de algodão e serrações de madeira.

- Risco grave na produção (RG_P): indústrias com elevados riscos de combustibilidade e possibilidade de desenvolvimento rápido do fogo. Esta classe de risco encontra-se também subdividida em 4 grupos:
 - RG_{P1} – são exemplos: fábricas de: revestimento em tecido e linóleo; tintas e vernizes; resinas e aglomerados; derivados da borracha; prensados de madeira.
 - RG_{P2} – são exemplos: fábricas de: isqueiros; espumas plásticas e de borracha e de produção de alcatrão.
 - RG_{P3} – são exemplos: fábricas de nitrato celuloso.
 - RG_{P4} – são exemplos: fábricas de fogo-de-artifício.
- Risco grave no armazenamento (RG_A): para armazenamento de produtos em alturas superiores às admitidas para os RO. Esta classe de risco subdivide-se também em 4 grupos: RG_{A1}; RG_{A2}; RG_{A3}; RG_{A4}.

Esta norma identifica ainda métodos de armazenamento de ST1 a ST6.

No caso da norma NFPA 13, as classes de risco dividem-se em (Nota Técnica n.º 16, 2011):

- Risco Ligeiro (*Light Hazard Occupancies*) quando a quantidade e/ou a combustibilidade dos conteúdos é baixa e o risco de incêndio é fraco;
- Risco Ordinário (*Ordinary Hazard Occupancies*) – divide-se em 2 grupos:
 - Grupo 1: quando a quantidade de materiais é baixa, a combustibilidade é moderada, assim como o risco de incêndio;
 - Grupo 2: quando a quantidade e a combustibilidade são moderadas, mas o risco de incêndio é entre moderado e elevado;
- Risco Grave (*Extra Hazard Occupancies*) – divide-se em 2 grupos:
 - Grupo 1: a quantidade e combustibilidade dos conteúdos são muito altas e há um desenvolvimento rápido do incêndio, mas com a presença fraca ou nula de líquidos combustíveis ou inflamáveis;
 - Grupo 2: a quantidade e a combustibilidade dos conteúdos são muito altas e há um desenvolvimento rápido do incêndio, mas com a presença de líquidos combustíveis ou inflamáveis.

Esta norma tem ainda uma classificação das instalações destinadas a armazenagem dos produtos e se aquelas são paletizadas ou não. A existência de paletes de madeira ou metálicas interfere na classificação pelo que há classes de I a IV. Por sua vez, os plásticos e borrachas são classificados em três grupos, de A a C.

3.6.3. Configurações dos sistemas automáticos de extinção de incêndios por água

Como já foi referido anteriormente, estes sistemas de extinção automática podem ser separados em diferentes categorias, estas categorias são as seguintes:

Sistemas standard

Neste sistema os sprinklers são ligados através de um detetor térmico que está instalado no próprio objeto. O acionamento do detetor obriga a que o sprinkler seja aberto e que comece a deitar água para combater o incêndio. Existe um detetor em cada sprinkler e por isso cada elemento é acionado individualmente.

Este sistema subdivide-se em sistema húmido (*wet pipe system*), sistema seco (*dry pipe system*), sistema alternado e sistema de pré-ação (*preaction system*). No sistema húmido são usados *sprinklers* automáticos instalados numa tubagem contendo água de modo que esta é descarregada imediatamente quando os *sprinklers* abrem por ação do calor do incêndio (Nota Técnica n.º 16, 2011). São os sistemas mais comuns e um exemplo deste tipo de sistemas está indicado na Figura 3.13.

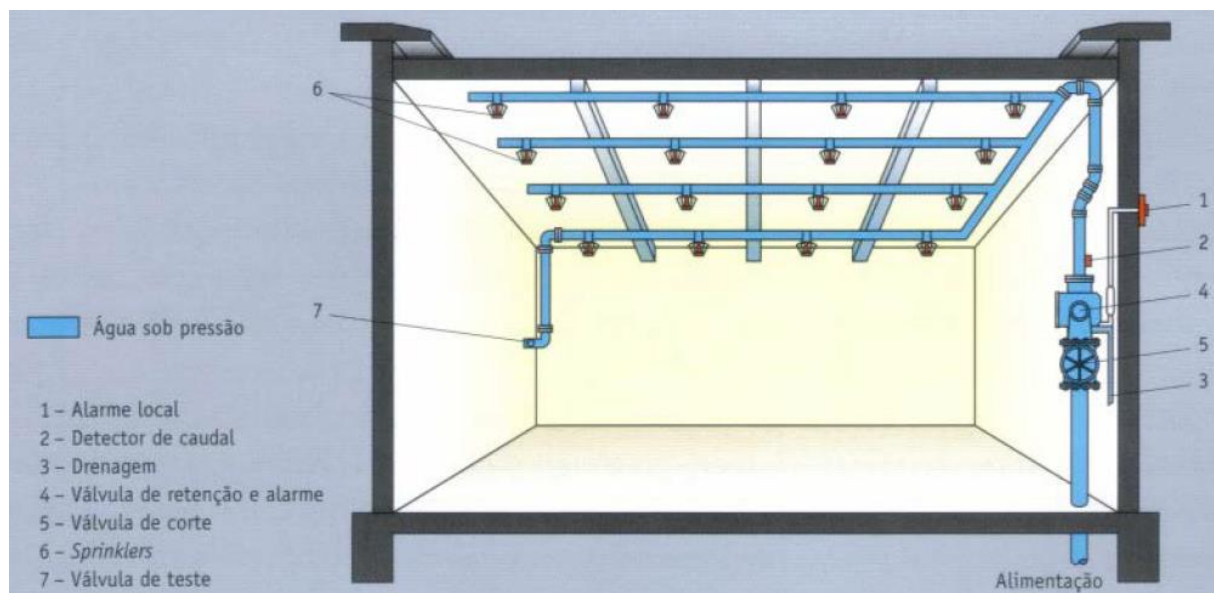


Figura 3.13 – Sistema húmido (*wet pipe system*) (Castro, Abrantes, 2009)

O sistema seco é caracterizado por as tubagens conterem ar (ou azoto) comprimido de modo que o posto de comando mantém a água a montante de si, só abrindo depois de um ou mais *sprinklers* atuarem provocando a perda de pressão do ar, como indicado na Figura 3.14. Estes sistemas são usados nos países ou nas zonas onde há risco de ocorrer o congelamento da água na tubagem dos ramos, face às condições climáticas ou nas instalações onde a temperatura possa exceder os 100°C (Nota Técnica n.º 16, 2011).

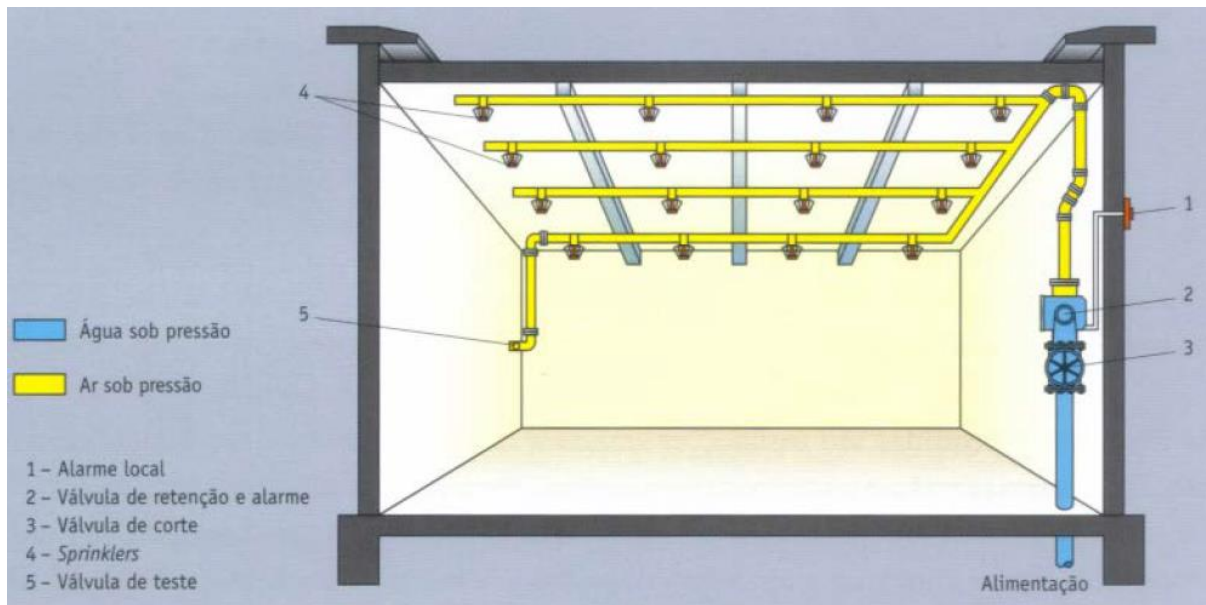


Figura 3.14 – Sistema seco (*dry pipe system*) (Castro, Abrantes, 2009)

O sistema alternado pode funcionar como seco ou como húmido, variando com a época do ano, sendo dotado de um abastecimento de ar comprimido e de água. O sistema alternado é de aplicação restrita devido aos custos associados (Nota Técnica n.º 16, 2011).

O sistema de pré-ação é um sistema que é combinado com um Sistema Automático de Detecção de Incêndio (SADI), como indicado na Figura 3.15. As condutas a jusante do posto de comando dispõem de *sprinklers* automáticos e estão secas (possuem ar comprimido), sendo alimentadas com água quando o SADI deteta um incêndio. As condutas ficam assim totalmente cheias de água, no entanto, a atuação só ocorre quando o(s) *sprinkler(s)* for(em) aberto(s) pela acção do incêndio. Existem os seguintes sub-sistemas de pré-ação (Nota Técnica n.º 16, 2011):

- Sistema não interbloqueado – quando a água flui na tubagem dos *sprinklers*, quer o posto de comando tenha recebido ordem da deteção de incêndios, quer pela atuação de um *sprinkler*;
- Sistema interbloqueado simples – quando a admissão de água na tubagem dos *sprinklers* ocorre exclusivamente por atuação do sistema de deteção sobre o posto de controlo;
- Sistema interbloqueado duplo – quando a admissão de água na tubagem dos *sprinklers* ocorre apenas pela conjugação das ordens, sobre o posto de comando, da deteção de incêndios e da atuação de um *sprinkler*.

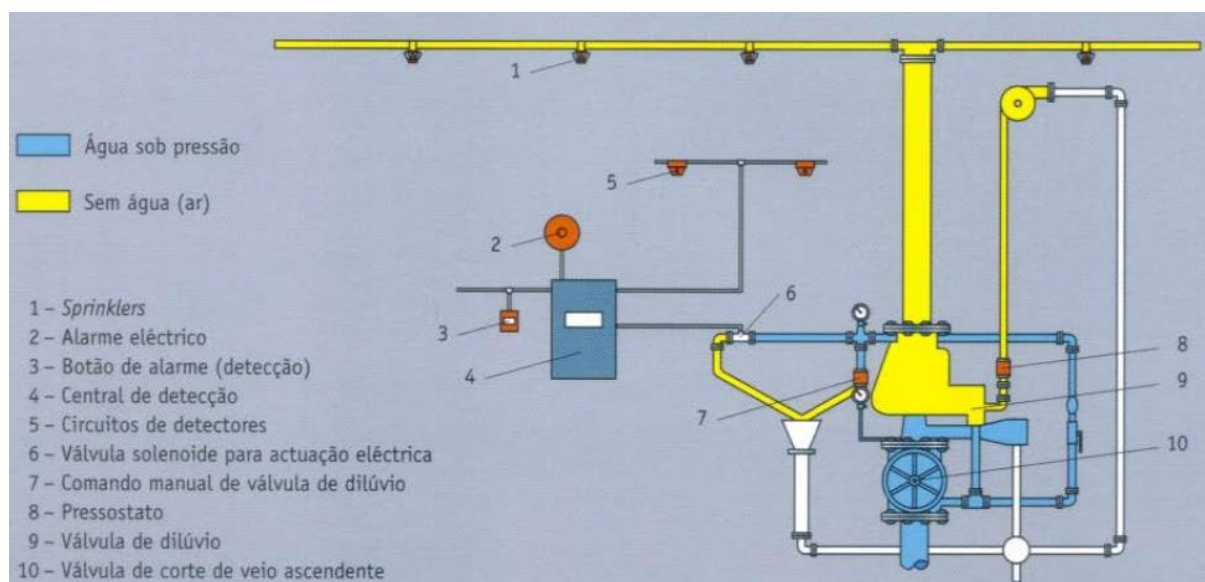


Figura 3.15 – Sistema de pré-ação (*preaction*) (Castro, Abrantes, 2009)

Sistemas dilúvio (*deluge*)

Todas as cabeças pulverizadoras funcionam simultaneamente porque estão abertas, isto é, não estão dotadas de detetores térmicos, como indicado na Figura 3.16. É uma instalação de distribuição uniforme de água ligada a uma rede de abastecimento através de um posto de comando, normalmente fechado e que se abre por operação de um sistema de deteção instalado nas mesmas áreas dos *sprinklers* ou por comando manual à distância. Quando o posto de comando abre, a água percorre a tubagem e atua, ao mesmo tempo, em todas as cabeças pulverizadoras. Estes sistemas utilizam-se quando se pretende uma descarga uniforme, simultânea e em toda a área coberta pela rede de *sprinklers* e quando o incêndio tem um desenvolvimento muito rápido. O sistema de cortina de água faz parte deste tipo (Nota Técnica n.º 16, 2011).

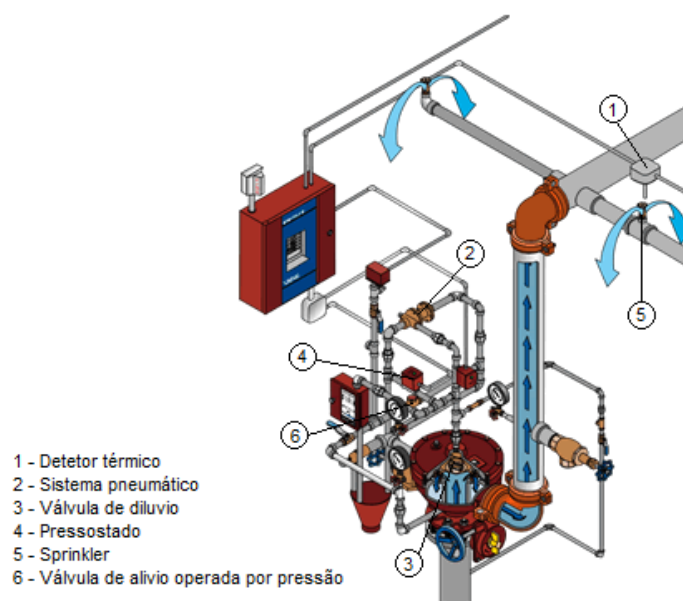


Figura 3.16 – Sistema de dilúvio (*deluge*) (adaptado de [18])

3.6.4. Tipos de *sprinklers*

Cada *sprinkler* propriamente dito é constituído, como indicado na Figura 3.17, por defletor, braços de suporte (corpo), rosca de fixação (canhão roscado), dispositivo de detecção, orifício calibrado de descarga e sistema de vedação (Nota Técnica n.º 16, 2011).

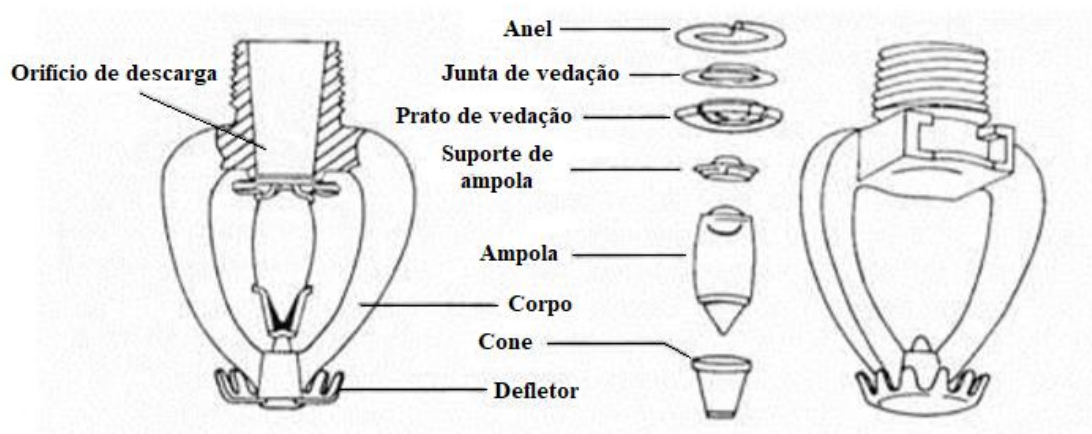


Figura 3.17 – Constituição de um *sprinkler* (adaptado da Nota Técnica n.º 16, 2011)

Elemento de atuação

O elemento de detecção da temperatura de incêndio pode ser ampola de vidro ou termofusível (Nota Técnica n.º 16, 2011). O mais utilizado é a ampola de vidro hermeticamente fechada que contém um líquido próprio com elevado coeficiente de dilatação e uma bolha de ar no seu interior. Quando se atinge a temperatura pré-determinada, o líquido aumenta de volume e exerce pressão na ampola até que a bolha de ar se comprima e faça com que o vidro se parta, ocorrendo assim a circulação da água, como indicado na Figura 3.18.



Figura 3.18 – Abertura da ampola de vidro de um *sprinkler* (Trindade, 2009)

O outro elemento é o termofusível que é uma peça constituída por uma liga metálica com ponto de fusão baixo que funde a uma temperatura pré-definida e que se mantém fechada pela acção de duas alavancas

soldadas, como indicado na Figura 3.19. Quando a temperatura aumenta, a união das duas alavancas funde-se e permite assim a abertura da saída de água.

Também é comum, em vez de duas alavancas, utilizar uma liga fusível (apenas uma alavanca) que está presa num cilindro por uma esfera de aço inoxidável. Quando a liga fusível se derrete a esfera desloca-se para dentro do cilindro, permitindo que este se solte do *sprinkler*. A alavanca é então liberada por acção de uma mola, de modo que todas as peças móveis fiquem afastadas do caminho da água, permitindo que o defletor distribua a descarga (Trindade, 2009).

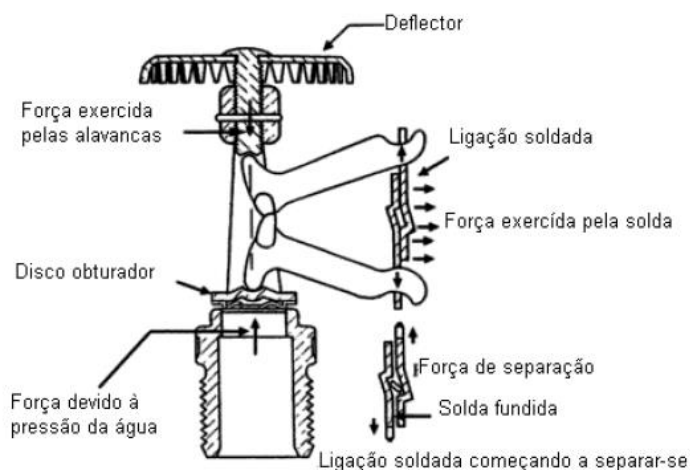


Figura 3.19 – *Sprinkler* com elemento termofusível (duas alavancas) (Trindade, 2009)

As Tabelas 3.3 e 3.4 indicam as temperaturas de funcionamento dos elementos consoante as temperaturas registadas no teto e as respetivas cores para as ampolas de vidro e para os termofusíveis. A Tabela 3.3 é de acordo com a norma EN 12845 e a Tabela 3.4 de acordo com a NFPA 13.

A escolha da temperatura adequada para cada local é função da temperatura ambiente máxima espectável acrescida aproximadamente de 30°C, pelo que a temperatura de 68°C e 79°C são as mais utilizadas, uma vez que se referem aos climas temperados. Em locais fechados e não ventilados, sob clarabóias ou telhados de vidro, por vezes é necessário instalar *sprinklers* com temperatura superior, de 93°C ou 100°C (Nota Técnica n.º 16, 2011).

Tabela 3.3 – Temperaturas de atuação e cores identificadoras (EN 12845, 2015)

Ampola de vidro		Termofusível	
Temperatura de funcionamento	Cor (*)	Temperatura de funcionamento	Cor (**)
57°C	Laranja	57 a 77°C	Incolor
68°C	Vermelho	80 a 107°C	Branco
79°C	Amarelo	121 a 149°C	Azul
93 a 100°C	Verde	163 a 191°C	Vermelho
121 a 141°C	Azul	204 a 246°C	Verde
163 a 182°C	Roxo	260 a 302°C	Laranja
204 a 343°C	Preto	320 a 343°C	Preto

(*) – Cor do líquido presente na ampola

(**) – Marca feita no *sprinkler*

Tabela 3.4 – Limites de temperatura, classificação e código de cores (NFPA 13, 2016)

Temperatura máxima registada no teto	Limites de temperatura	Classificação da temperatura	Código de cores	Cor
38°C	57 a 77°C	Ordinária	Incolor ou preto	Vermelho ou laranja
66°C	79 a 107°C	Intermediária	Branco	Amarelo ou verde
107°C	121 a 149°C	Alta	Azul	Azul
149°C	163 a 191°C	Muito alta	Vermelho	Roxo
191°C	204 a 246°C	Extra alta	Verde	Preto
246°C	260 a 302°C	Altíssima	Laranja	Preto
329°C	343°C	Altíssima	Laranja	Preto

Em Portugal, os *sprinklers* com dispositivos de deteção sensíveis à temperatura por fusível de liga metálica, devem ter os seus braços pintados, e os de ampola de vidro devem ter um líquido com uma cor, conforme a Tabela 3.3.

Orifício de descarga (calibre)

Nos orifícios de descarga os diâmetros frequentemente utilizados são (Nota Técnica n.º 16, 2011):

- 10 mm (3/8");
- 15 mm (1/2");
- 20 mm (3/4").

O caudal libertado por cada *sprinkler* é obtido pela expressão 3.6:

$$Q = K \sqrt{P} \quad (3.6)$$

Em que:

- Q – Caudal (L/min);
- K – Constante que depende do tipo de sprinkler, da densidade em mm/min e do risco do local;
- P – Pressão (bar).

O valor da constante K é dado pela norma europeia EN 12845 e pela norma NFPA 13, de forma diferente, como indicado nas Tabelas 3.5 e 3.6

Tabela 3.5 – Fatores K para as diferentes classes de risco (EN 12845, 2015)

Classe de risco	Densidade (mm/min)	Fator-K
Risco ligeiro	2,25	57
Risco ordinário	5,0	80 ou 115
Risco grave na produção e risco grave no armazenamento no caso de <i>sprinklers</i> de teto	≤ 10	80, 115 ou 160
	>10	115 ou 160
Risco grave no armazenamento empilhado no caso de <i>sprinklers</i> intermédios	-	80 ou 115

Tabela 3.6 – Fatores K segundo as dimensões dos orifícios (NFPA 13, 2016)

Fator-K		Dimensões do orifício	
U.S. [gpm/(psi) ^{1/2}]	Métrico [l/min/(bar) ^{1/2}]	in.	mm
1,4	20	1/4	6,4
1,9	27	5/16	8,0
2,8	40	3/8	10
4,2	60	7/16	11
5,6	80	1/2	12
8,0	115	17/32	14
11,2	160	5/8	16
14,0	200	3/4	20
16,8	240	-	-
19,6	280	-	-
22,4	320	-	-
25,2	360	-	-
28,0	400	-	-

Classificação quanto à instalação

Quanto à posição de montagem, os *sprinklers* podem assumir quatro diferentes posições, estas são (Nota Técnica n.º 16, 2011):

- Vertical (*upright*) – o *sprinkler* é instalado numa posição vertical segundo a qual, o jato de água é direcionado para cima contra o defletor. Este tipo de montagem é aplicado em áreas industriais, armazéns, e outros espaços onde não exista teto falso, ou ainda, em estantes e no espaço compreendido entre o teto e o teto falso;
- Pendente (*pendent*) – o *sprinkler* é instalado numa posição vertical segundo a qual o jato de água é direcionado para baixo contra o defletor. Aplica-se principalmente sob os tetos falsos;
- De parede (*sidewall*) – *sprinkler* com defletor especial desenhado para descarregar a água para longe da parede mais próxima. Apresenta um formato idêntico a um quarto de esfera, sendo que apenas um pequeno volume de água é direcionado para trás do *sprinkler* (parede);
- Convencional (*conventional*) – quando tanto pode ser montado na vertical, como pendente, com projeção de água 40% para um lado e 60% para o outro. Este *sprinkler* tem tendência a desaparecer dada a distribuição de água não uniforme.

Para além disto podem ser parcialmente embebidos em teto falso e rematados com uma roseta, ou totalmente recolhidos e, neste caso, dotados de um tampão que salta com o calor e de um extensor para fazer sair o sprinkler abaixo do teto falso (Nota Técnica n.º 16, 2011).

Nas instalações do tipo húmidas podem existir *sprinklers* com todos os tipos de montagem anteriormente indicados, no caso das instalações secas ou alternadas (secas/ húmidas) a sua montagem é na maior parte dos casos vertical. Como regra geral, além de se respeitarem os critérios de densidade e espaçamento dos *sprinklers*, a sua localização deve ser de modo a que nem elementos estruturais, nem espaçamentos ou produtos armazenados no espaço coberto pela ação dos *sprinklers* afetem a projeção de água sobre um eventual incêndio. No caso da existência de alguma obstrução à projeção de água sobre um eventual incêndio, esta obrigará a instalação de *sprinklers* em planos de diferentes cotas, relativamente ao pavimento do espaço a proteger.

***Sprinklers* especiais**

A norma NFPA 13 define, ainda, os seguintes tipos de *sprinklers* (Nota Técnica n.º 16, 2011):

- Padrão (*spray*) – projeta a água com uma quantidade mínima, que distribui a água em pequenas gotas, dirigido totalmente para o foco de incêndio, sendo o mais comum;
- ESFR (*early suppression fast response*) – *sprinkler* de resposta rápida e para aplicação em riscos graves;
- Larga cobertura (*extended coverage sprinkler*) – através do defletor apropriado permite uma maior área de cobertura;
- Gota gorda (*large drop sprinkler*) – um maior volume da gota de água permite um melhor encharcamento;
- QRES (*quick response early suppression*) – para riscos específicos;
- *Quick response extended coverage sprinkler*;
- QR (*quick response*) – *sprinklers* de atuação rápida;
- *Special sprinkler*;
- *Spray sprinkler*;
- *Standard spray sprinkler*.

Atualmente, em Portugal, os tipos de *sprinklers* mais utilizados são o tipo Padrão, Larga cobertura, Gota gorda e ESFR.

3.6.5. Área de operação dos *sprinklers*

As normas EN 12845 e NFPA 13 fornecem a área de cobertura de cada *sprinkler* em função das classes de risco e do tipo de *sprinkler*, respetivamente. Estes valores são os indicados nas Tabelas 3.7 e 3.8.

Tabela 3.7 – Área de cobertura de cada *sprinkler* (EN 12845, 2015)

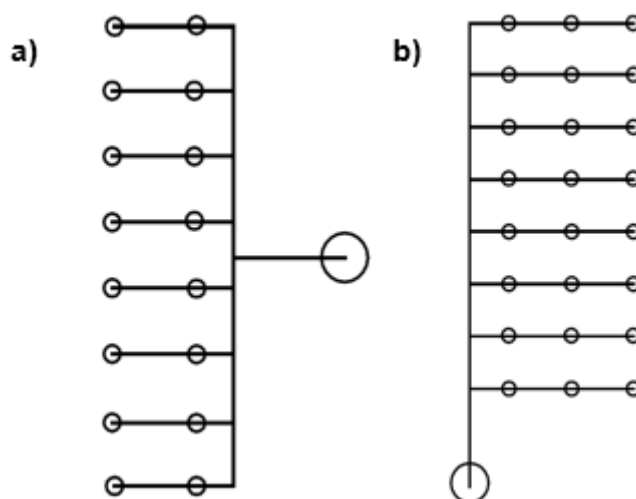
Classe de risco	Área máxima por <i>sprinkler</i>	Distância máxima entre <i>sprinklers</i>
RL	21,0 m ²	4,6 m
RO	12,0 m ²	4,0 m
RG _P e RG _A	9,0 m ²	3,7 m

Tabela 3.8 – Área máxima e mínima de cobertura de cada *sprinkler* (NFPA 13, 2016)

Tipo de <i>sprinkler</i>	Área de cobertura (m ²)	
	Máxima	Mínima
Padrão	21	-
Larga cobertura	37	-
Gota gorda	12	7,4
ESFR	9,3	7,4

3.6.6. Disposição da rede de *sprinklers*

As tubagens que abastecem os *sprinklers* podem ser instaladas de diferentes formas, que sob o ponto de vista hidráulico não apresentam diferenças. Para os sistemas abertos a água circula nos ramais num só sentido, apresentando por isso uma disposição ramificada ou em forma de espinha de peixe. Alguns exemplos de esquemas para a rede de distribuição de água estão seguidamente representados nas Figuras 3.20 e 3.21, retiradas da norma EN 12845 (Nota Técnica n.º 16, 2011).

**Figura 3.20** – Disposição lateral; **a)** Com alimentação central; **b)** Com alimentação terminal (EN 12845, 2015)

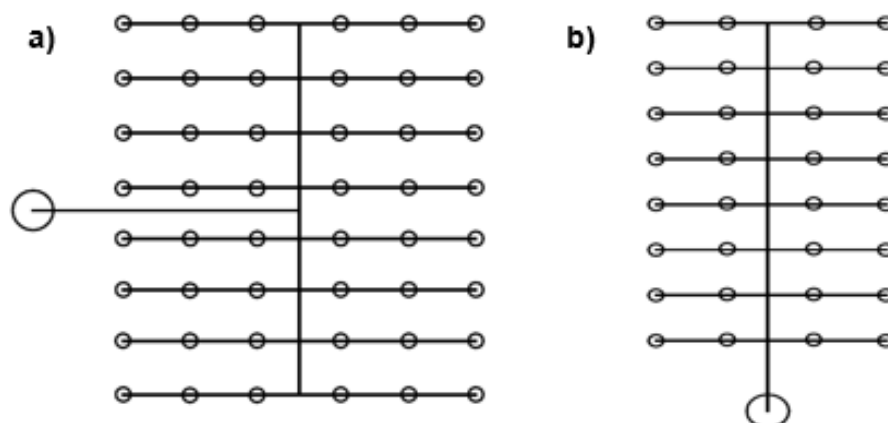


Figura 3.21 – Disposição central; **a)** Com alimentação central; **b)** Com alimentação terminal (EN 12845, 2015)

3.6.7. Fontes de abastecimento de água

Quanto à fonte de abastecimento de água, as configurações possíveis de abastecimento de água para um sistema de *sprinklers* podem ser:

- Do tipo público, em que a instalação hidráulica é garantida apenas e exclusivamente pela rede pública;
- Do tipo privativo, em que a instalação hidráulica é garantida por meios privativos de abastecimento de água, em conjugação com um reservatório de acumulação de água que poderá ser alimentado quer pela rede pública e/ou bombeiros, quer por captação privativa;
- Do tipo misto, em que o abastecimento de água é garantido quer pela rede pública quer por captação privativa;
- Mananciais inesgotáveis.

O depósito de reserva de incêndio pode ter três formas de implantação no terreno: elevado, à superfície ou enterrado. Nas situações de implantação no terreno, quer à superfície, quer enterrado, deve ser tida em atenção a sua localização na proximidade do grupo hidropressor, a um nível ligeiramente elevado relativamente a este último, como garantia da permanência em carga do grupo hidropressor, em quaisquer condições de solicitação do sistema.

A capacidade da reserva de água para o serviço de incêndio é variável em função do risco e das necessidades da instalação. Aquando a existência de possibilidade de abastecimento de água ao reservatório de reserva, esta será feita através de ligação disponível para os bombeiros, de duas uniões siamesas do tipo "STORZ" (70 mm) e de válvulas anti-retorno. Caso esta ligação seja feita a cota inferior a partes da conduta de abastecimento, esta deverá dispor também de uma válvula de purga.

No caso de um sistema independente, isto é, em que a instalação hidráulica para serviço de incêndio seja totalmente separada das instalações para outros consumos, a ligação disponível para os bombeiros,

também poderá abastecer o sistema a jusante do grupo hidropressor, suprimindo assim eventuais falhas e ou limitações de fornecimento do grupo. Os sistemas de bombagem são constituídos por:

- Bomba (ou bombas) principal;
- Bomba jockey;
- Coletor de aspiração;
- Coletor de impulsão;
- Válvulas de comando;
- Aparelhagem de monitorização e medida;
- Dispositivos de controlo.

As bombas principais, do tipo eletrobomba, têm como função disponibilizar à instalação hidráulica o caudal e pressão necessários ao correto funcionamento da mesma. Deve existir um circuito abastecido por um gerador de emergência, caso, todo o grupo hidropressor seja alimentado por acionamento elétrico. Num grupo hidropressor de duas ou mais bombas principais, estas devem ser montadas em paralelo, visto que assim, aumenta a fiabilidade das bombas e a rotatividade alternada das mesmas, salvaguardando sempre uma das bombas como reserva.

No abastecimento de água em que são disponibilizados grandes caudais e onde sejam previsíveis variações significativas de velocidade de água na rede por corte repentino de válvulas devem ser previstas válvulas de amortecimento, para prevenir os golpes de ariete, que dizem respeito a picos de pressão dentro de um sistema de bombagem. Como alternativa, poder-se-ão utilizar válvulas com velocidade de fecho controlada, de tipo fecho lento.

Consoante a classe de risco, a regulamentação portuguesa complementada pela norma EN 12845, pela especificação CEA 4001 e pela norma NFPA 13, estabelecem um conjunto de valores para a capacidade de vazão de cada sistema. A capacidade efetiva dos reservatórios deve ainda ser calculada em função do tempo mínimo de operação do sistema de *sprinklers* automáticos para cada classe de risco, conforme indicado na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Tempo mínimo de abastecimento de água de um sistema

Nota Técnica n.º 14 + EN 12845 + CEA 4001		NFPA 13	
Classe de risco	Tempo mínimo de abastecimento de água (min)	Classe de risco	Tempo mínimo de abastecimento de água (min)
Risco Ligeiro	30	Risco Ligeiro	30
Risco Ordinário	60	Risco Ordinário	60
Risco Grave na Produção	90	Risco Grave	90
Risco Grave no Armazenamento	90		

O número de *sprinklers* que podem ser alimentados pelo mesmo sistema de abastecimento de água também depende da classe de risco, devendo respeitar os seguintes valores definidos pela norma EN 12845 e pela NFPA 13, como indicado na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 – Número de *sprinklers* alimentados pelo mesmo sistema de abastecimento de água

EN 12845		NFPA 13	
Classe de risco	Número de <i>sprinklers</i>	Classe de risco	Número de <i>sprinklers</i>
Risco Ligeiro	500	Risco Ligeiro	500
Risco Ordinário, incluindo Risco Ligeiro	1000, exceto casos especiais	Risco Ordinário, incluindo Risco Ligeiro	1000, exceto casos especiais
Risco Grave, incluindo Risco Ordinário e Risco Ligeiro	1000	Risco Grave, incluindo Risco Ordinário e Risco Ligeiro	1000

3.6.8. Dimensionamento e características hidráulicas

Como primeiro passo deve-se classificar o edifício em relação à sua UT e recorrendo à Tabela 3.2 é possível obter alguns critérios para o dimensionamento. Com esta classificação, e de acordo com a NT 16, é possível obter os valores das restrições iniciais impostas para o dimensionamento da rede de *sprinklers* que são a área de cobertura máxima por *sprinkler*, a distância máxima entre *sprinklers*, o número máximo de *sprinklers* por cada posto de comando, a área máxima protegida por um sistema automático e o número mínimo de *sprinklers* sobressalentes. Conhecendo estes valores é possível definir o esquema da rede, começando por avaliar o espaçamento entre sub-ramais através da expressão 3.7.

$$D = \frac{A_s}{S} \quad (3.7)$$

Onde:

- D – Espaçamento entre os sub-ramais (m);
- A_s – Área de cobertura por *sprinkler* (m²);
- S – Espaçamento entre *sprinklers* (m).

Após a obtenção dos valores de D e S será necessário verificar se a malha escolhida se encontra em conformidade com o estipulado pela regulamentação. Esses valores estão indicados na Tabela 3.7. É importante referir que as distâncias às paredes deverão ser metade das distâncias adotadas.

Em seguida, determina-se o número de *sprinklers* em funcionamento simultâneo por sub-ramal (N) recorrendo à expressão 3.8.

$$N = 1,2 \times \frac{\sqrt{A_o}}{S} \quad (3.8)$$

Onde:

- A_o – Área de operação (m²);
- S – Espaçamento entre *sprinklers* (m).

Após determinado o número de *sprinklers* em funcionamento por sub-ramal é necessário então estimar a quantidade mínima de *sprinklers* a ser utilizada em cada divisão do edifício (QMS) através de expressão 3.9.

$$QMS = \frac{\text{área total da sala}}{\text{área de cobertura de cada sprinkler}} \quad (3.9)$$

Posto isto, começa-se então por calcular o caudal necessário para o correto desempenho de cada *sprinkler* através da expressão 3.10.

$$Q_{min} = A_s \times q_{unit} \quad (3.10)$$

Onde:

- Q_{min} – Caudal necessário ao correto desempenho de cada *sprinkler* (L/min);
- A_s – Área de cobertura por *sprinkler* (m²);
- q_{unit} – Densidade de descarga (L/min/m²).

A pressão mínima no *sprinkler* mais desfavorável, ou seja, no *sprinkler* onde se inicia o cálculo, é calculada através da expressão 3.11 e o valor do coeficiente de descarga K está indicado na Tabela 3.11.

$$P_{min} = 100 \times \left(\frac{Q_{min}}{K} \right)^2 \quad (3.11)$$

Onde:

- P_{min} – Pressão mínima no *sprinkler* mais desfavorável (m.c.a.);
- Q_{min} – Caudal necessário ao correto desempenho de cada *sprinkler* (L/min);
- K – Coeficiente de descarga.

Tabela 3.11 – Coeficiente de descarga dos *sprinklers*

Utilizações-tipo	Fator-K
II, III, VI, VII, VIII	80 ± 5%
XII	100 ± 5%

Apesar de não serem impostos limites da velocidade de escoamento, a EN 12845 classifica a velocidade de 6 m/s como admissível e com esse valor é possível determinar o diâmetro em cada troço da rede através da expressão 3.12.

$$D = \sqrt{\frac{1,274 \times Q}{v}} \quad (3.12)$$

Onde:

- D – Diâmetro (m);
- Q – Caudal (m/s);
- v – Velocidade de escoamento (m/s).

Com o diâmetro definido é então possível corrigir a velocidade através da Expressão 3.12 e o seu valor terá de ser menor ou igual a 6 m/s.

Para o cálculo das perdas de carga total, começa-se por calcular as perdas de carga contínuas através da expressão 3.13.

$$J_c = 4 \times b \times v^{\frac{7}{4}} \times D^{-\frac{5}{4}} \quad (3.13)$$

Onde:

- J_c – Perda de carga contínua (m/m);
- b – Rugosidade do material;
- v – Velocidade de escoamento (m/s);
- D – Diâmetro interior (m).

Com as perdas de carga contínuas calculadas, passa-se para o cálculo das perdas de carga localizadas através da expressão 3.14.

$$J_l = J_c \times L_{eq} = J_c \times 1,3 \times L_{real} \quad (3.14)$$

Onde:

- J_l – Perda de carga localizada (m/m);
- L_{real} – comprimento do troço (m);
- L_{eq} – comprimento equivalente do troço (m) (realiza-se incremento de 30% às perdas de carga distribuídas de cada troço, traduzindo assim a incidência de perdas de carga provocadas pelas singularidades das tubagens).

Por fim, as perdas de carga total são determinadas através da expressão 3.15.

$$J_t = J_c + J_l \quad (3.15)$$

Onde:

- J_t – Perda de carga total (m/m);
- J_c – Perda de carga contínua (m/m);
- J_l – Perda de carga localizada (m/m).

Para o cálculo das pressões, sabendo a pressão inicial (sprinkler mais desfavorável), subtrai-se as perdas de carga total e soma-se ou subtrai-se o desnível do troço (consoante a tubagem desça ou suba).

3.7. Sistemas de cortina de água

O sistema complementar de compartimentação, tipo cortina de água, funciona como os sistemas de extinção por água tipo dilúvio, isto é, a tubagem está seca, os difusores são abertos e o posto de comando está normalmente fechado sendo aberto por ordem manual ou automática. A cortina de água é obtida pela pulverização de água através de um sistema de difusores abertos de atuação automática e manual dispostos em linha com o objetivo de irrigar um elemento de construção e estabelecer assim um ecrã de proteção contra a energia radiada de um incêndio (Figura 3.22) (Nota Técnica n.º 18, 2013).

De acordo com RT-SCIE os sistemas automáticos fixos do tipo cortina de água são considerados complementares dos elementos de construção irrigados, com o objetivo de melhorar a resistência ao fogo destes, pelo que não é aceite a substituição de elementos resistentes ao fogo exclusivamente por um sistema do tipo cortina de água e a existência de barreiras ao fumo compostas exclusivamente por sistemas do tipo cortina de água.

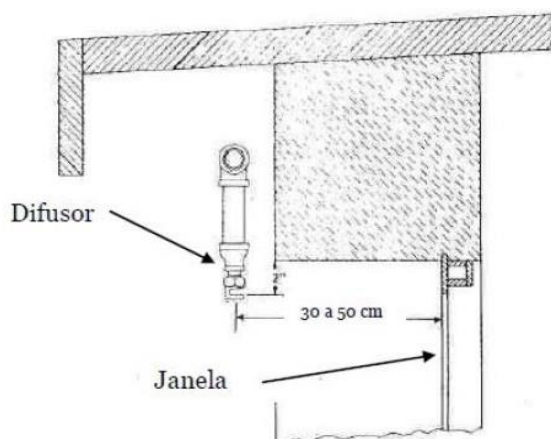


Figura 3.22 – Exemplo da aplicação de um sistema cortina de água (Nota Técnica n.º 18, 2013)

Em relação ao abastecimento deste sistema podem ser consideradas as mesmas soluções dos sistemas de *sprinklers*. No entanto, quando se utilizam cortinas de água para proteger certos elementos, devido ao grande volume de água que é necessário, é possível utilizar sistemas que reutilizem este líquido, acautelando a separação entre a água e as outras substâncias que podem fazer aumentar o risco de incêndio (Baptista, 2011).

3.7.1. Difusores

Os difusores são equipamentos para a proteção de elementos verticais de construção, nomeadamente elementos de fecho de vãos e outros elementos de compartimentação (Figura 3.23). Estes possuem uma configuração que permite a pulverização de água de forma assimétrica, normalmente num plano de 180°. Os difusores devem ter aprovações internacionais, na falta de nacionais (Nota Técnica n.º 18, 2013).

A menos que seja indicado pelos fabricantes os difusores não devem ser pintados e nas situações em que são pintados deve ser de acordo com a norma NFPA 13. Devem ainda ser mantidos num local em que a temperatura não exceda os 38°C (NFPA 15, 2017).

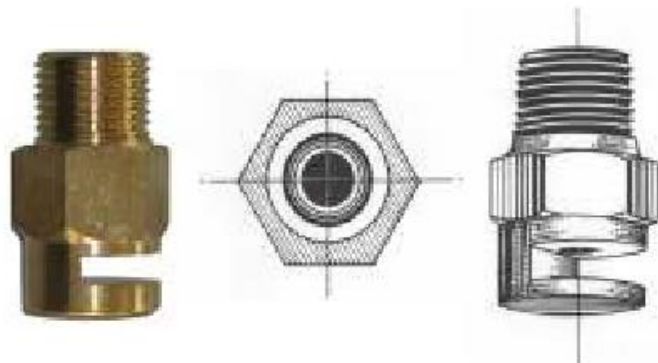


Figura 3.23 – Exemplo de um difusor [I9]

Os diâmetros dos difusores variam de fabricante para fabricante e devem constar no corpo dos mesmos. A pressão dinâmica é função do fator-K e é calculada através da expressão 3.16:

$$Q = K \sqrt{0,01 P} \quad (3.16)$$

Onde:

- Q – Caudal (L/min);
- K – Constante do difusor *sprinkler*;
- P – Pressão (kPa).

Todos os componentes do sistema devem estar preparados para funcionar à pressão máxima a que estão expostos, e nunca a menos de 12,1 bar (NFPA 15, 2017).

3.7.2. Locais a equipar com sistemas de cortina de água

Os sistemas cortina de água são de aplicação obrigatória, segundo a Portaria n.º 1532/2008, nas seguintes situações:

- Paredes não tradicionais se forem fachadas cortina envidraçadas ou duplas fachadas de vidro ventiladas, não havendo troços de parede tradicional de 1,10 m ou se estes elementos forem somente EI 30;
- Nas UT II, nos silos e parques automáticos, os elementos destinados ao fecho de vãos, na ligação entre pisos cobertos ou compartimentos corta-fogo e as escadas protegidas, quando não possuírem a resistência ao fogo padrão E 30;
- Nas UT VI, nas bocas de cena das caixas de palco com área superior a 50 m², irrigando, do lado do palco, o dispositivo móvel de obturação, constituído por uma cortina contruída com elementos rígidos, flexíveis ou articulados, deslizando em calha;
- Nas UT VIII, nos vãos abertos, dotados de telas, nos espaços destinados à triagem ou depósito de bagagens, para atravessamento dos meios móveis ou transportes das bagagens (tapetes rolantes);
- Nas UT IX, em zonas destinadas a pintura ou aplicação de vernizes, quando em espaço interior não isolável, delimitadas por uma envolvente construída por telas ou resguardos da classe de resistência ao fogo padrão EI 60 ou superior.

Estes sistemas podem ainda ser utilizados, como medida compensatória e fundamentada perante a ANPC, nos seguintes casos:

- Vãos abertos em edifícios ou estabelecimentos existentes com elevado risco de incêndio;
- Locais com elevado risco de eclosão de incêndio ou de explosão e estando expostos a fogos externos ou calor intenso.

3.7.3. Dimensionamento e características hidráulicas

O dimensionamento dos sistemas de cortina de água é idêntico ao referido anteriormente para o outro sistema de extinção automático. Apesar de ser feito este dimensionamento de forma semelhante aos *sprinklers*, existem algumas considerações que se devem ter em conta (Baptista, 2011):

- O caudal mínimo deveser de 10 L/min/m² (m² da superfície do vão a irrigar);
- A escolha da lança a utilizar deverá ter em consideração, além do vão a irrigar, o fator do vento, considerando as correntes de ar que podem ocorrer;
- O comando automático deve ser complementado por um comando manual a partir do posto de segurança;
- Todas as boquilhas deverão ter um ângulo suficiente para que seja totalmente coberto o vão a proteger.

3.8. Materiais utilizados nas redes de incêndio

A gama de escolha de materiais utilizados nas redes de incêndio não é tao vasta, como por exemplo, a gama de materiais para uma rede de abastecimento de água fria, uma vez que as temperaturas elevadas a que as tubagens de incêndio estão sujeitas, podem alterar as suas características.

As tubagens podem ser enterradas ou aéreas. Nas enterradas as tubagens devem instalar-se de acordo com as recomendações do fabricante, devem estar protegidas contra a corrosão e devem tomar-se as medidas adequadas para impedir que ocorram danos nas tubagens, por exemplo, pela circulação de veículos. As tubagens aéreas a jusante da válvula de controlo devem ser de aço, cobre ou qualquer outro material não combustível de acordo com as especificações adequadas válidas no local de utilização do sistema. Os tubos de cobre podem ser utilizados apenas em sistemas húmidos para RL, RO1, RO2 e RO3 a jusante de qualquer tubagem de aço e devem ser unidos por ligações mecânicas ou soldadura, utilizando uniões de acordo com a EN 1254 (EN 12845, 2015).

Os suportes da tubagem devem fixar-se diretamente à estrutura do edifício ou, se necessário, a máquinas, prateleiras ou outras estruturas, não devem utilizar-se para suportar mais nenhuma estrutura e devem ser ajustáveis para distribuir uniformemente a carga. Estes suportes devem rodear a tubagem na totalidade e não devem estar soldados nem ao tubo nem aos seus acessórios (EN 12845, 2015).

Seguidamente serão analisados os materiais mais utilizados nas redes de incêndio que são o aço ou ferro preto e o aço galvanizado. Serão abordadas as suas características e aspetos construtivos, dimensões e algumas ligações e acessórios utilizados.

3.8.1. Aço (ferro preto)

O aço, ou ferro preto, é uma liga metálica constituída predominantemente por ferro e também por carbono. A sua utilização até meados do século passado foi crescendo devido às suas boas características de resistência e maleabilidade. Apesar de não ser utilizado em redes de água potável, o ferro preto é muito utilizado nas redes de combate a incêndio, devido às suas características que lhe permitem resistir a elevadas temperaturas e devido ao facto de apresentar um custo inferior ao do aço galvanizado.

Estas tubagens são de aço de costura média, apresentam uma tonalidade negra, como se pode verificar na Figura 3.24, e são fabricadas e certificadas de acordo com a norma EN 10255. Os seus acessórios são roscados em ferro fundido maleável, acabamento preto, fabricados e certificados de acordo com a norma EN 10242.



Figura 3.24 – Exemplo de tubagens de aço ou ferro preto [110]

O diâmetro das tubagens de ferro preto para redes de incêndio é bastante elevada e vai até DN 300, sendo um valor raramente ultrapassado. Estes grandes valores são utilizados na aspiração das bombas no caso em que o sistema exija grandes caudais como é o caso da proteção de alguns armazéns logísticos. As varas comercializadas possuem geralmente 6 m de comprimento. Na Tabela B.1 do Anexo B apresentam-se as dimensões das tubagens de ferro preto.

3.8.2. Aço galvanizado

Apesar das tubagens mais utilizadas nas redes de proteção contra incêndios em Portugal serem as de ferro preto, as tubagens de aço galvanizado também são utilizadas. Estas tubagens deverão ser preferencialmente utilizadas em instalações secas, alternadas ou de pré-ação. A proteção destas tubagens é feita através da deposição de um revestimento de zinco fundido obtido por imersão (galvanização), no sentido de lhes conferir uma maior resistência à oxidação.

Estas tubagens são de aço de costura média, apresentam uma tonalidade zincada, como se pode ver na Figura 3.25, e são fabricadas e certificadas de acordo com as normas EN 10255 e EN 10240. Os seus acessórios são roscados em ferro fundido maleável, acabamento zincado, fabricados e certificados de acordo com a norma EN 10242.



Figura 3.25 – Exemplo de tubagens de aço galvanizado [I11]

O diâmetro das tubagens de aço galvanizado para redes de incêndio é bastante elevada e vai até DN 300, sendo um valor raramente ultrapassado. Estes grandes valores são utilizados na aspiração das bombas no caso em que o sistema exija grandes caudais como é o caso da proteção de alguns armazéns logísticos. As varas comercializadas possuem geralmente 6 m de comprimento. Na Tabela B.1 no Anexo B apresentam-se as dimensões das tubagens de aço galvanizado.

3.9. Processos de ligação utilizados nas redes de incêndio

Os diversos processos utilizados para a ligação das tubagens de uma instalação, destinam-se não apenas a unir os diversos troços de tubo entre si, dado que os tubos são fornecidos com um comprimento normalizado, mas também a unir esses tubos aos acessórios, válvulas, equipamentos e outros dispositivos.

Os principais processos de ligação das tubagens são os seguintes:

- Ligações ranhuradas;
- Ligações roscadas;
- Ligações flangeadas.

São vários os fatores de seleção entre estes processos de ligação numa determinada instalação, tais como: pressão e temperatura de serviço, dimensão da tubagem, espessura da tubagem e localização das ligações.

3.9.1. Ligações ranhuradas

O processo de ligação por ranhuragem consiste numa união mecânica por encaixe simultâneo em duas ranhuras, previamente realizadas nas extremidades a unir. Este encaixe é antecedido pela montagem de uma junta de estanquidade com geometria específica (cuja capacidade de vedação é incrementada através da aplicação da pressão de serviço), sendo finalizado através do aperto das duas meias peças mediante dois parafusos de fixação (Figura 3.26). Esta solução tem uma intensa utilização em redes de segurança contra incêndios, de forma articulada com as ligações roscadas (APTA). A utilização de ligações ranhuradas simplifica o projeto da instalação, reduz o tempo de montagem em comparação com as outras ligações, não necessita de mão-de-obra especializada, requer menos espaço e elimina a possibilidade da introdução de elementos estranhos no interior da tubagem (Cepreven - DT 56, 2016).



Figura 3.26 – Exemplo de uma ligação ranhurada (APTA)

3.9.2. Ligações roscadas

Os acessórios roscados são munidos de ligações roscadas, consistindo numa rosca exterior cônica unida a uma rosca interior cilíndrica. As ligações roscadas são aplicáveis nas situações onde a estanquidade à pressão é efetuada diretamente na rosca. Este tipo de ligação destina-se a configurar uma união permanente, realizada uma vez, sendo que a operação de desmontagem somente se pode realizar por inutilização da mesma, não garantindo a sua qualidade de ligação estanque numa posterior remontagem, a menos que seja novamente realizada como se de uma primeira execução se tratasse (APTA). Do ponto de vista mecânico, os esforços de tração, compressão e flexão a que estas ligações estão sujeitas, são absorvidos pelo contacto metal-metal entre as roscas (Cepreven - DT 56, 2016). Um exemplo de uma ligação roscada está indicado na Figura 3.27.



Figura 3.27 – Exemplo de uma ligação rosçada (APTA)

3.9.3. Ligações flangeadas

Uma ligação flangeada é constituída por duas flanges, uma junta em elastômero e parafusos cuja quantidade e dimensões dependem do diâmetro nominal. A estanqueidade é garantida por compressão axial da junta, obtida por aperto dos parafusos. As suas características principais são a precisão de montagem e a possibilidade de montagem e desmontagem em linha. Como regra geral, em qualquer caso, as ligações flangeadas devem ser usadas no menor número possível, porque são sempre pontos de possíveis fugas, e também porque são peças caras, pesadas e volumosas (APTA) (Cepreven - DT 56, 2016). Um exemplo de um flange está indicado na Figura 3.28.



Figura 3.28 – Exemplo de ligação flangeada (APTA)

3.10. Válvulas utilizadas nas redes de incêndio

As válvulas têm como principal função o controlo da circulação de água no interior das tubagens. Existem diversos tipos de válvulas e os principais nas redes de incêndio serão seguidamente abordados.

3.10.1. Válvulas de macho esférico

Este tipo de válvulas apresenta um elemento de vedação em forma de esfera através do qual o fluido passa quando esta se encontra totalmente aberta e alinhada com a tubagem. Na posição fechada a abertura da esfera fica perpendicular ao sentido do escoamento, bloqueando assim a sua passagem. Este tipo de válvulas caracteriza-se pela sua rapidez uma vez que estas apenas necessitam de um quarto de volta para entrarem em funcionamento. Além disso, oferecem uma elevada estanqueidade e apresentam perdas de carga quase desprezíveis (Figura 3.29).



Figura 3.29 – Válvula de macho esférico [112]

3.10.2. Válvulas de cunha

Este tipo de válvulas tem a função de controlar o escoamento da água através de um disco de faces paralelas em forma de cunha, que desce paralelamente à secção transversal do orifício da válvula e perpendicularmente à direção de escoamento da água. Devem funcionar totalmente abertas ou totalmente fechadas uma vez que, devido à sua forma, quando se encontram parcialmente abertas ou parcialmente fechadas provocam perdas de carga elevadas e erosão no disco de fecho. Estas válvulas são constituídas por metal e por isso são consideradas válvulas de segurança em caso de incêndio, desde que os metais apresentem um ponto de fusão acima dos 1100°C. A NFPA recomenda que o tempo de fecho para estas válvulas deve ser no mínimo 5 segundos (Figura 3.30).



Figura 3.30 – Válvula de cunha [I13]

3.10.3. Válvulas de borboleta

Este tipo de válvulas é utilizado para regulação ou bloqueio da água. O fecho da válvula é feito através da rotação de um disco, posicionado no centro da válvula, em torno de um eixo diametral perpendicular à direção do escoamento da água. Estas válvulas são mais baratas que os outros modelos, além de serem mais leves (Figura 3.31).



Figura 3.31 – Válvula de borboleta [I14]

3.10.4. Válvulas de globo

As válvulas de globo permitem regular ou bloquear a circulação de água com um sistema de estanqueidade na vedação absoluta. Nas situações em que é utilizada para controlar o escoamento de água pode funcionar em qualquer posição de fecho parcial. Este tipo de válvulas apresentam uma desvantagem que é a perda de carga elevada que provocam (Figura 3.32).



Figura 3.32 – Válvula de globo [I15]

3.10.5. Válvulas automáticas de controlo

Este tipo de válvulas são válvulas de retenção que permitem a circulação de água do reservatório para o sistema de *sprinklers* e para as tubagens que alimentam o sistema de alarme. Estas válvulas podem ser comandadas por dispositivos de deteção, sistema elétrico, sistema mecânico, sistema pneumático ou sistema hidráulico.

Quando um *sprinkler* é acionado, o escoamento da água nas tubagens provoca uma redução da pressão da rede possível através de um pressostato, que aciona automaticamente os motores do sistema de bombas de incêndio. Este repõe a água na rede, alimentando o *sprinkler* acionado e o sistema de alarme que dispara posteriormente. Um sistema de deteção de fogo ou de calor também pode preparar ou colocar em operação um sistema de *sprinklers* através do acionamento de uma válvula de controlo que liberta a passagem da água para a rede (Trindade, 2009).

3.10.6. Válvulas de alívio e de segurança

As válvulas de alívio aliviam o excesso de pressão da água nas tubagens a montante e as válvulas de segurança reduzem o excesso de pressão de fluidos compressíveis ou elásticos, como ar comprimido,

gases e vapor, também a montante. A válvula de alívio, é aberta gradualmente com o aumento da pressão, enquanto que a válvula de segurança se aciona imediatamente, e quase de forma instantânea, quando se atinge a pressão máxima calibrada, devido à compressibilidade e à força elástica do ar ou do gás comprimido. O fecho das válvulas também é automático, e dá-se quando a pressão atingir valores inferiores aos limites máximos estabelecidos.

3.10.7. Válvulas redutoras de pressão

As válvulas redutoras de pressão medem a pressão do lado de descarga da válvula e têm como função manter a pressão de referência constante. Se a pressão aumentar do lado de descarga, a válvula fecha, e quando a pressão diminui do lado de descarga, a válvula abre, mantendo a pressão constante. Não é recomendável utilizar válvulas redutoras de pressão em sistemas de pressurização e em vez disso, o edifício deve ser dividido em zonas para um conforto ideal e um baixo consumo energético. O uso de depósitos de telhado poderá requerer a aplicação de válvulas redutoras de pressão, uma vez que na sua ausência a pressão será demasiado elevada nos apartamentos inferiores.

Capítulo 4

Casos de estudo

4.1. Apresentação dos casos de estudo

Para a elaboração dos casos de estudo foram assumidas as dimensões de um parque de estacionamento abaixo do plano de referência e de um edifício industrial de fabricação de tintas para a realização do dimensionamento de um sistema fixo de extinção automática de incêndios por água (*sprinklers*). O parque de estacionamento e o edifício industrial apresentam uma forma regular com uma área bruta de 324 m².

Devido ao facto de bastante seguradoras internacionais não reconhecerem o dimensionamento de redes de segurança com base na legislação portuguesa, optou por se fazer este dimensionamento apenas pela norma europeia e pela norma americana. Apesar de não ter sido feito o dimensionamento pela legislação portuguesa, irá ser feita uma comparação entre as três.

É importante referir que os sistemas automáticos de extinção de incêndio por água segundo a legislação portuguesa são dimensionados através da Portaria n.º 1532/2008, o RGSPDADAR e a Nota Técnica n.º 16 sendo que as diversas omissões nestes documentos são completadas pela EN 12845 e/ou pela NFPA 13.

4.2. Parque de estacionamento subterrâneo

4.2.1. Dimensionamento pela norma europeia

A EN 12845 define o parque de estacionamento como RO2 (Risco Ordinário – Grupo 2). Desta forma, recorrendo às tabelas desta norma, seguem-se as restrições impostas por esta norma na Tabela 4.1 para o dimensionamento de uma rede de *sprinklers*.

Tabela 4.1 – Restrições impostas pela EN 12845 para RO2

RO2 (parque de estacionamento)	
Área de operação (m ²)	144
Área de cobertura máxima por <i>sprinkler</i> (m ²)	12
Distância máxima entre <i>sprinklers</i> (m)	4
Área máxima protegida por um sistema automático (m ²)	12000
Caudal unitário a dispersar por <i>sprinkler</i> (L/min/m ²)	5
Número mínimo de <i>sprinklers</i> sobressalentes	24

A instalação de *sprinklers* escolhida será do tipo padrão num sistema húmido. A posição dos *sprinklers* será vertical (*upright*), com diâmetro de 15 mm e uma constante de descarga fator-K de 80. O aspersor encontra-se restrito para uma temperatura de atuação de 68°C. O diâmetro mínimo a adotar nas tubagens é de 20 mm.

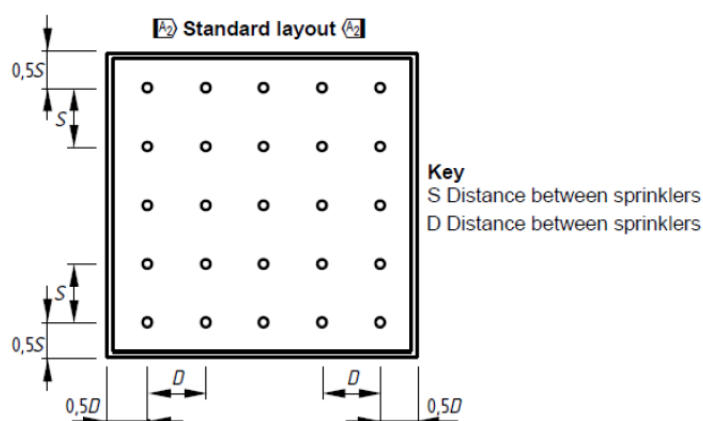
Determinação da área total dos locais a serem protegidos

Como foi referido anteriormente a área do parque de estacionamento é de 324 m², o que está dentro dos valores regulamentados para a RO (12000 m²) e por isso necessita apenas de um posto de controlo e uma rede.

Determinação do esquema da rede de *sprinklers*

O espaçamento máximo entre *sprinklers* é de 4 m, o espaçamento máximo entre sub-ramais é de 3,45 m, o número total de *sprinklers* em funcionamento simultâneo é de 12 e o número de *sprinklers* a funcionar em simultâneo por sub-ramal é de 4.

A distância mínima entre *sprinklers* será de 2 m. Nos casos em que a distância mínima entre *sprinklers* não seja possível cumprir, deverão ser implementados separadores com dimensões de cerca de 200 mm x 150 mm. Utilizando o estipulado pela norma, obtemos um *standard layout* como indicado na Figura 4.1.

**Figura 4.1** – *Standard layout* (EN 12845, 2015)

Determinação do número de *sprinklers* no local a proteger

A estimativa para a quantidade mínima de *sprinklers* deve ser de acordo com a expressão 4.1.

$$QMS = \frac{\text{área total do parque}}{\text{área de cobertura de sprinkler}} \quad (4.1)$$

$$QMS = \frac{324}{12}$$

$$QMS = 27 \text{ sprinklers}$$

A Figura 4.2 apresenta o desenho final da rede, que fornece uma facilitada compreensão do descrito nos pontos anteriores.

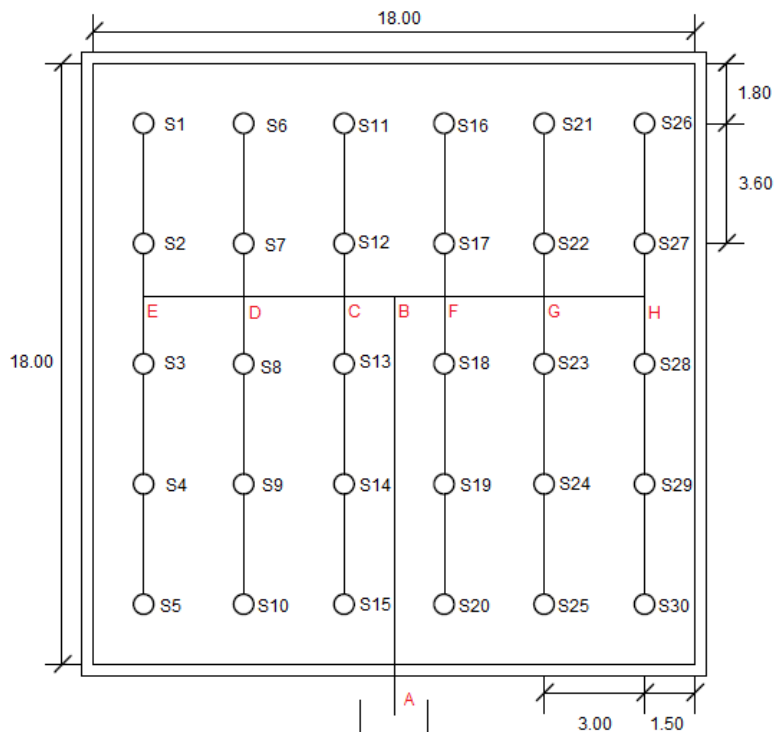


Figura 4.2 – Implantação final: parque de estacionamento subterrâneo segundo a EN 12845

Determinação do caudal e da pressão no *sprinkler* mais desfavorável

Com base nos dados da APTA o caudal necessário para o correto desempenho do *sprinkler* mais desfavorável é de 60 L/min e a pressão mínima no *sprinkler* mais desfavorável é de 5,74 m.c.a.

Feito o estudo da rede, concluiu-se que os *sprinklers* mais desfavoráveis são o S5 e o S30 e será então necessário garantir a pressão mínima nestes.

A escolha da tubagem foi feita e classificada com base nas tabelas disponibilizados pela APTA, que se encontram indicadas na Figura 4.3, com base na classe de risco.

Dimensão nominal (R) / (NPS)	Dimensão nominal (DN)	Diâmetro exterior (D) mm	Diâmetro interior (Di) mm	Nº máximo de sprinklers (NS _{troço})		
				Risco Ligeiro	Risco Ordinário	Risco Extra
1	DN 25	33,7	27,3	3	2	1
1 1/4	DN 32	42,4	36,0	4	3	2
1 1/2	DN 40	48,3	41,9	5	4	4
2	DN 50	60,3	53,1	10	9	8
2 1/2	DN 65	76,1	68,9	30	18	12
3	DN 80	88,9	80,9	60	40	18
4	DN 100	114,3	105,3	100	100	48

Classe de Risco EN 12845	Nº de aspersores em funcionamento simultâneo (NS _{sim}) = A ₀ /A _s	Caudal mínimo por aspersor/sprinkler (Q _{min,s}) = A _s *Q _{unit}
	nº	l/min
RL - Ligeiro	4	47,5
RO1 - Ordinário - Grupo 1	6	60,0
RO2 - Ordinário - Grupo 2	12	60,0
RO3 - Ordinário - Grupo 3	18	60,0
RO4 - Ordinário - Grupo 4	30	60,0
REP1 - Extra - Grupo 1	29	67,5
REP2 - Extra - Grupo 2	29	90,0
REP3 - Extra - Grupo 3	29	112,5

Figura 4.3 – Critérios de dimensionamento impostos pela EN 12845 para RO2 (APTA)

Dimensionamento da restante rede

Na prática, cada *sprinkler* apresenta os seus próprios parâmetros (pressão e caudal) porém, em termos de cálculo, considerou-se que todos os *sprinklers* apresentam o mesmo caudal. Para um correto dimensionamento ter-se-ia de recorrer a programas de cálculo específico que efetuam os cálculos a partir de um processo iterativo, obtendo a pressão e o caudal real.

Assim, e mediante o descrito anteriormente, o dimensionamento da rede de *sprinklers* para o parque de estacionamento pela EN 12845 pode ser encontrado na Figura C.1 e na Tabela C.1 do Anexo C.

4.2.2. Dimensionamento pela norma americana

De acordo com a NFPA 13 o parque de estacionamento é classificado como RO1 (Risco Ordinário – Grupo 1).

A instalação de *sprinklers* adotada será do tipo padrão num sistema húmido. A posição dos *sprinklers* será vertical (*upright*) com diâmetro de 15 mm e uma constante de descarga fator-K de 80. O aspersor encontra-se restrito para uma temperatura de atuação de 68°C.

Desta forma, recorrendo às tabelas da norma NFPA 13, encontram-se as restrições impostas por esta norma na Tabela 4.2 para o dimensionamento de uma rede de *sprinklers*.

Tabela 4.2 – Restrições impostas pela NFPA 13 para RO1

RO1 (parque de estacionamento)	
Área de operação (m ²)	139
Área de cobertura máxima por <i>sprinkler</i> (m ²)	12,1
Distância máxima entre <i>sprinklers</i> (m)	4,6
Área máxima protegida por um sistema automático (m ²)	4830
Caudal unitário a dispersar por <i>sprinkler</i> (L/min/m ²)	6,52
Número mínimo de <i>sprinklers</i> sobressalentes	6

Determinação da área total dos locais a serem protegidos

Como foi referido anteriormente a área do parque de estacionamento é de 324 m², que não excede o valor regulamentado de 4830 m² e por isso necessita apenas de um posto de controlo e uma rede.

Determinação do esquema da rede de *sprinklers*

O espaçamento máximo entre *sprinklers* é de 4,6 m, o espaçamento máximo entre sub-ramais é de 3,45 m, o número total de *sprinklers* em funcionamento simultâneo é de 12 e o número de *sprinklers* a funcionar em simultâneo por sub-ramal é de 4.

A distância às paredes deverá ser metade das medidas estipuladas para a malha, com um mínimo de 0,1 m e um máximo de 2,7 m. A distância mínima entre *sprinklers* será de 1,8 m. Nos casos em que a distância mínima entre *sprinklers* não seja possível cumprir, deverão ser implementados separadores com dimensões de cerca de 200 mm x 150 mm.

Determinação do número de *sprinklers* no local a proteger

A estimativa para a quantidade mínima de *sprinklers* deve ser de acordo com a expressão 4.2.

$$QMS = \frac{\text{área total do parque}}{\text{área de cobertura de sprinkler}} \quad (4.2)$$

$$QMS = \frac{324}{12,1}$$

$$QMS = 27 \text{ sprinklers}$$

A Figura 4.4 apresenta o desenho final da rede, que fornece uma facilitada compreensão do descrito nos pontos anteriores.

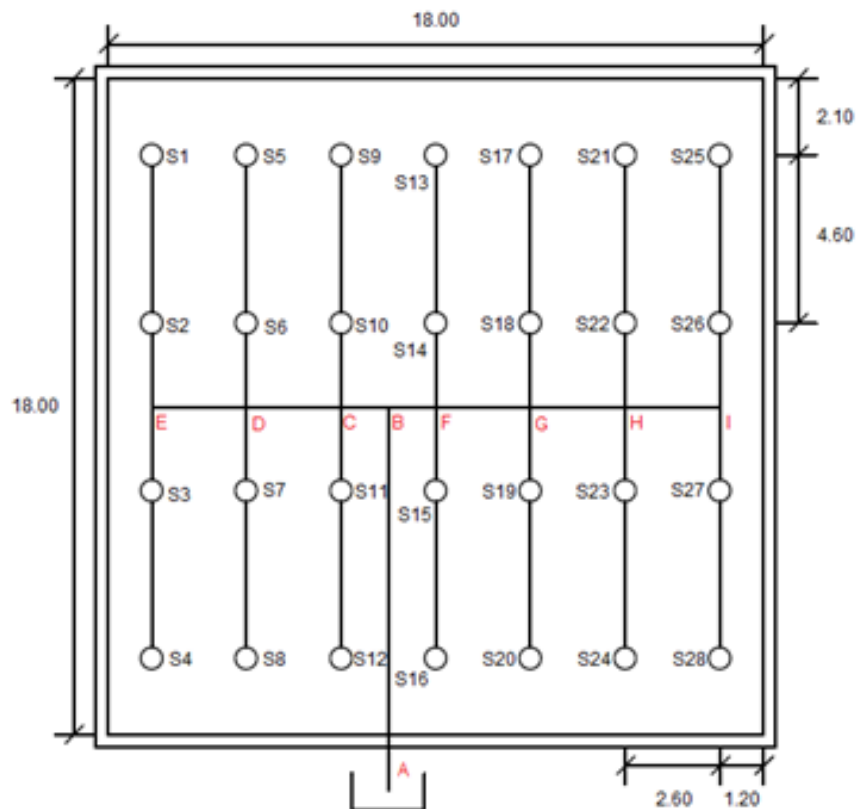


Figura 4.4 – Implantação final: parque de estacionamento subterrâneo segundo a NFPA 13

Determinação do caudal e da pressão no *sprinkler* mais desfavorável

Com base nos dados da APTA o caudal necessário para o correto desempenho do *sprinkler* mais desfavorável é de 78,2 L/min e a pressão mínima no *sprinkler* mais desfavorável é de 9,74 m.c.a.

Feito o estudo da rede, concluiu-se que os *sprinklers* mais desfavoráveis são o S25 e o S28 e será então necessário garantir a pressão mínima nestes.

A escolha da tubagem foi feita e classificada com base nas tabelas disponibilizados pela APTA, que se encontram indicadas na Figura 4.5, com base na classe de risco.

Dimensão nominal (R) / (NPS)	Dimensão nominal (DN)	Diâmetro exterior (D) mm	Diâmetro interior (Di) mm	Nº máximo de sprinklers (NS _{total})		
				Riscos Ligeiros	Riscos Ordinários	Riscos Graves
1	DN 25	33,7	27,3	2	2	1
1 1/4	DN 32	42,4	36,0	3	3	2
1 1/2	DN 40	48,3	41,9	5	5	5
2	DN 50	60,3	53,1	10	10	8
2 1/2	DN 65	76,1	68,9	30	20	15
3	DN 80	88,9	80,9	60	40	27
4	DN 100	114,3	105,3	100	100	55
5	DN 125	139,7	129,7		160	
6	DN 250	165,1	155,1		275	

Classe de Risco	Nº de aspersores em funcionamento simultâneo (NS _{sim.}) = A ₀ /A _s	Densidade de descarga Gráficos 1 e 2 (q _{unit.})	Caudal mínimo por aspersor/sprinkler (Q _{min.s}) = A _s *q _{unit.}
	nº	l/min.m ²	l/min
Ligeiros	7	4,10	82,0
Ordinários - Grupo 1	12	6,52	78,2
Ordinários - Grupo 2	23	6,42	77,0
Ordinários - Grupo 3	31	6,64	79,7
Graves - Grupo 1	41	10,1	90,9
Graves - Grupo 2	52	12,3	110,7

Figura 4.5 – Critérios de dimensionamento impostos pela NFPA 13 para RO1 (APTA)

Dimensionamento da restante rede

Na prática, cada *sprinkler* apresenta os seus próprios parâmetros (pressão e caudal) porém, em termos de cálculo, considerou-se que todos os *sprinklers* apresentam o mesmo caudal. Para um correto dimensionamento ter-se-ia de recorrer a programas de cálculo específico que efetuam os cálculos a partir de um processo iterativo, obtendo a pressão e o caudal real.

Assim, e mediante o descrito anteriormente, o dimensionamento da rede de *sprinklers* para o parque de estacionamento pela NFPA 13 pode ser encontrado na Figura C.2 e na Tabela C.2 do Anexo C.

4.3. Edifício industrial de fabricação de tintas

4.3.1. Dimensionamento pela norma europeia

A EN 12845 define o edifício industrial de tintas como RG_{P1} (Risco Grave na Produção – Grupo 1). Desta forma, recorrendo às tabelas desta norma, seguem-se as restrições impostas por esta norma na Tabela 4.3 para o dimensionamento de uma rede de *sprinklers*.

Tabela 4.3 – Restrições impostas pela EN 12845 para RG_{P1}

RG _{P1} (edifício industrial de tintas)	
Área de operação (m ²)	260
Área de cobertura máxima por <i>sprinkler</i> (m ²)	9
Distância máxima entre <i>sprinklers</i> (m)	3,7
Área máxima protegida por um sistema automático (m ²)	9000
Caudal unitário a dispersar por <i>sprinkler</i> (L/min/m ²)	7,50
Número mínimo de <i>sprinklers</i> sobressalentes	36

A instalação de *sprinklers* escolhida será do tipo padrão num sistema húmido. A posição dos *sprinklers* será vertical (*upright*), com diâmetro de 15 mm e uma constante de descarga fator-K de 80. O aspersor encontra-se restrito para uma temperatura de atuação de 68°C. O diâmetro mínimo a adotar nas tubagens é de 20 mm.

Determinação da área total dos locais a serem protegidos

Como foi referido anteriormente a área do parque de estacionamento é de 324 m², o que está dentro dos valores regulamentados para a RG_P (9000 m²) e por isso necessita apenas de um posto de controlo e uma rede.

Determinação do esquema da rede de *sprinklers*

O espaçamento máximo entre *sprinklers* é de 3,7 m, o espaçamento máximo entre sub-ramais é de 3 m, o número total de *sprinklers* em funcionamento simultâneo é de 29 e o número de *sprinklers* a funcionar em simultâneo por sub-ramal é de 6.

A distância mínima entre *sprinklers* será de 2 m. Nos casos em que a distância mínima entre *sprinklers* não seja possível cumprir, deverão ser implementados separadores com dimensões de cerca de 200 mm x 150 mm. Utilizando o estipulado pela norma, obtemos um *standard layout* como indicado na Figura 4.1.

Determinação do número de *sprinklers* no local a proteger

A estimativa para a quantidade mínima de *sprinklers* deve ser de acordo com a expressão 4.3.

$$QMS = \frac{\text{área total do parque}}{\text{área de cobertura de sprinkler}} \quad (4.3)$$

$$QMS = \frac{324}{9}$$

$$QMS = 36 \text{ sprinklers}$$

A Figura 4.6 apresenta o desenho final da rede, que fornece uma facilitada compreensão do descrito nos pontos anteriores.

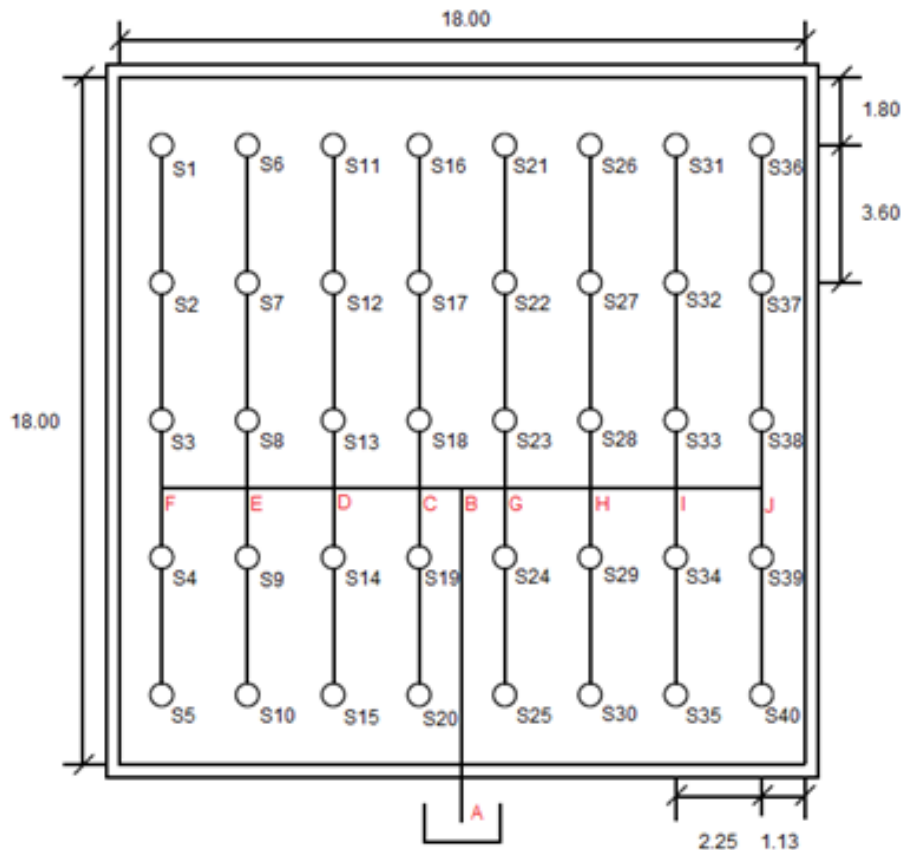


Figura 4.6 – Implantação final: edifício industrial de tintas segundo a EN 12845

Determinação do caudal e da pressão no *sprinkler* mais desfavorável

Com base nos dados da APTA o caudal necessário para o correto desempenho do *sprinkler* mais desfavorável é de 67,5 L/min e a pressão mínima no *sprinkler* mais desfavorável é de 3,52 m.c.a.

Feito o estudo da rede, concluiu-se que os *sprinklers* mais desfavoráveis são o S1 e o S36 e será então necessário garantir a pressão mínima nestes.

A escolha da tubagem foi feita e classificada com base nas tabelas disponibilizados pela APTA, que se encontram indicadas na Figura 4.7, com base na classe de risco.

Dimensão nominal (R) / (NPS)	Dimensão nominal (DN)	Diâmetro exterior (D) mm	Diâmetro interior (Di) mm	Nº máximo de sprinklers (NS _{trço})		
				Risco Ligeiro	Risco Ordinário	Risco Extra
1	DN 25	33,7	27,3	3	2	1
1 1/4	DN 32	42,4	36,0	4	3	2
1 1/2	DN 40	48,3	41,9	5	4	4
2	DN 50	60,3	53,1	10	9	8
2 1/2	DN 65	76,1	68,9	30	18	12
3	DN 80	88,9	80,9	60	40	18
4	DN 100	114,3	105,3	100	100	48

Classe de Risco EN 12845	Nº de aspersores em funcionamento simultâneo (NS _{sim.}) = A ₀ /A _s	Caudal mínimo por aspersor/sprinkler (Q _{min.s}) = A _s × Q _{unit.}
	nº	l/min
RL - Ligeiro	4	47,5
RO1 - Ordinário - Grupo 1	6	60,0
RO2 - Ordinário - Grupo 2	12	60,0
RO3 - Ordinário - Grupo 3	18	60,0
RO4 - Ordinário - Grupo 4	30	60,0
REP1 - Extra - Grupo 1	29	67,5
REP2 - Extra - Grupo 2	29	90,0
REP3 - Extra - Grupo 3	29	112,5

Figura 4.7 – Critérios de dimensionamento impostos pela EN 12845 para RG_{P1} (APTA)

Dimensionamento da restante rede

Na prática, cada *sprinkler* apresenta os seus próprios parâmetros (pressão e caudal) porém, em termos de cálculo, considerou-se que todos os *sprinklers* apresentam o mesmo caudal. Para um correto dimensionamento ter-se-ia de recorrer a programas de cálculo específico que efetuam os cálculos a partir de um processo iterativo, obtendo a pressão e o caudal real.

Assim, e mediante o descrito anteriormente, o dimensionamento da rede de *sprinklers* para o edifício industrial de tintas pela EN 12845 pode ser encontrado na Figura C.3 e na Tabela C.3 do Anexo C.

4.3.2. Dimensionamento pela norma americana

De acordo com a NFPA 13 o edifício industrial de tintas é classificado como RO2 (Risco Ordinário – Grupo 1).

A instalação de *sprinklers* adotada será do tipo padrão num sistema húmido. A posição dos *sprinklers* será vertical (*upright*) com diâmetro de 15 mm e uma constante de descarga fator-K de 80. O aspersor encontra-se restrito para uma temperatura de atuação de 68°C.

Desta forma, recorrendo às tabelas da norma NFPA 13, encontram-se as restrições impostas por esta norma na Tabela 4.4 para o dimensionamento de uma rede de *sprinklers*.

Tabela 4.4 – Restrições impostas pela NFPA 13 para RO2

RO2 (edifício industrial de tintas)	
Área de operação (m ²)	279
Área de cobertura máxima por <i>sprinkler</i> (m ²)	12,1
Distância máxima entre <i>sprinklers</i> (m)	4
Área máxima protegida por um sistema automático (m ²)	4830
Caudal unitário a dispersar por <i>sprinkler</i> (L/min/m ²)	6,42
Número mínimo de <i>sprinklers</i> sobressalentes	6

Determinação da área total dos locais a serem protegidos

Como foi referido anteriormente a área do parque de estacionamento é de 324 m², que não excede o valor regulamentado de 4830 m² e por isso necessita apenas de um posto de controlo e uma rede.

Determinação do esquema da rede de *sprinklers*

O espaçamento máximo entre *sprinklers* é de 4 m, o espaçamento máximo entre sub-ramais é de 3,45 m, o número total de *sprinklers* em funcionamento simultâneo é de 23 e o número de *sprinklers* a funcionar em simultâneo por sub-ramal é de 5.

A distância às paredes deverá ser metade das medidas estipuladas para a malha, com um mínimo de 0,1 m e um máximo de 2,7 m. A distância mínima entre *sprinklers* será de 1,8 m. Nos casos em que a distância mínima entre *sprinklers* não seja possível cumprir, deverão ser implementados separadores com dimensões de cerca de 200 mm x 150 mm.

Determinação do número de *sprinklers* no local a proteger

A estimativa para a quantidade mínima de *sprinklers* deve ser de acordo com a expressão 4.4.

$$QMS = \frac{\text{área total do parque}}{\text{área de cobertura de sprinkler}} \quad (4.4)$$

$$QMS = \frac{324}{12,1}$$

$$QMS = 27 \text{ sprinklers}$$

A Figura 4.8 apresenta o desenho final da rede, que fornece uma facilitada compreensão do descrito nos pontos anteriores.

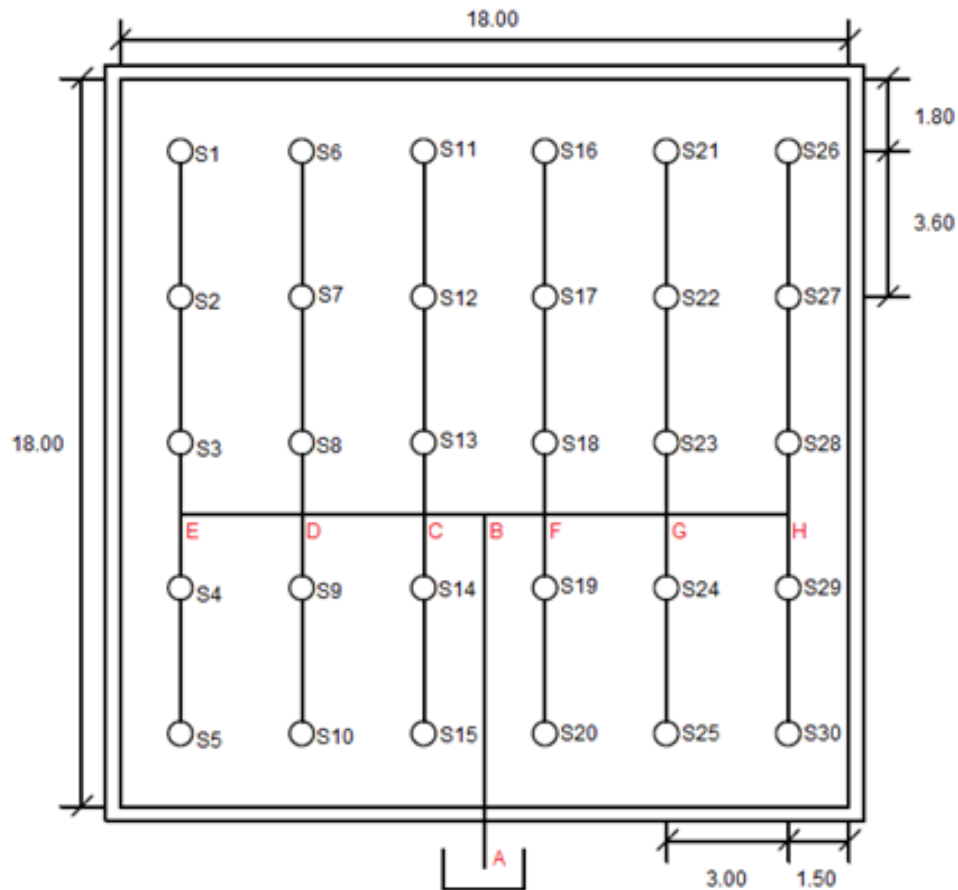


Figura 4.8 – Implantação final: edifício industrial de tintas segundo a NFPA 13

Determinação do caudal e da pressão no *sprinkler* mais desfavorável

Com base nos dados da APTA o caudal necessário para o correto desempenho do *sprinkler* mais desfavorável é de 77 L/min e a pressão mínima no *sprinkler* mais desfavorável é de 9,45 m.c.a.

Feito o estudo da rede, concluiu-se que os *sprinklers* mais desfavoráveis são o S1 e o S26 e será então necessário garantir a pressão mínima nestes.

A escolha da tubagem foi feita e classificada com base nas tabelas disponibilizados pela APTA, que se encontram indicadas na Figura 4.9, com base na classe de risco.

Dimensão nominal (R) / (NPS)	Dimensão nominal (DN)	Diâmetro exterior (D) mm	Diâmetro interior (Di) mm	Nº máximo de sprinklers ($NS_{\text{máx}}$)		
				Riscos Ligeiros	Riscos Ordinários	Riscos Graves
1	DN 25	33,7	27,3	2	2	1
1 1/4	DN 32	42,4	36,0	3	3	2
1 1/2	DN 40	48,3	41,9	5	5	5
2	DN 50	60,3	53,1	10	10	8
2 1/2	DN 65	76,1	68,9	30	20	15
3	DN 80	88,9	80,9	60	40	27
4	DN 100	114,3	105,3	100	100	55
5	DN 125	139,7	129,7		160	
6	DN 250	165,1	155,1		275	

Classe de Risco	Nº de aspersores em funcionamento simultâneo (NS_{sim}) = A_0/A_s	Densidade de descarga Gráficos 1 e 2 (q_{ant})	Caudal mínimo por aspersor/sprinkler (Q_{min}) = $A_s \times q_{\text{ant}}$
	nº	l/min.m²	l/min
Ligeiros	7	4,10	82,0
Ordinários - Grupo 1	12	6,52	78,2
Ordinários - Grupo 2	23	6,42	77,0
Ordinários - Grupo 3	31	6,64	79,7
Graves - Grupo 1	41	10,1	90,9
Graves - Grupo 2	52	12,3	110,7

Figura 4.9 – Critérios de dimensionamento impostos pela NFPA 13 para RO2 (APTA)

Dimensionamento da restante rede

Na prática, cada *sprinkler* apresenta os seus próprios parâmetros (pressão e caudal) porém, em termos de cálculo, considerou-se que todos os *sprinklers* apresentam o mesmo caudal. Para um correto dimensionamento ter-se-ia de recorrer a programas de cálculo específico que efetuam os cálculos a partir de um processo iterativo, obtendo a pressão e o caudal real.

Assim, e mediante o descrito anteriormente, o dimensionamento da rede de *sprinklers* para o edifício industrial de tintas pela NFPA 13 pode ser encontrado na Figura C.4 e na Tabela C.4 do Anexo C.

4.4. Conclusões preambulares

Numa primeira análise o primeiro aspeto a ter em conta é a quantidade de *sprinklers* necessária para a norma europeia e para a norma americana. Esta quantidade varia consoante as distâncias máximas entre *sprinklers* e a área de cobertura de cada um. Estes valores estão indicados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Distâncias máximas entre *sprinklers* e área de cobertura de cada *sprinkler*

	Portugal		Europa		NFPA	
Distância máxima entre <i>sprinklers</i> (m)	UT II	4	RO2	4	RO1	4,6
	UT XII	3,7	RGp1	3,7	RO2	4
Área de cobertura (m ²)	UT II	12	RO2	12	RO1	12,1
	UT XII	9	RGp1	9	RO2	12,1

Em relação ao predeterminado, observa-se uma diferença entre a EN e NFPA, que leva a concluir que a EN sobredimensiona os projetos ao preferir o uso de menores áreas de cobertura e menores distâncias, uma vez que irá gerar um maior número de *sprinklers*. A principal justificação para este aspeto, está associada ao fato da EN (e a legislação portuguesa) caracterizar estes parâmetros de forma geral e de acordo com o risco, enquanto que a NFPA faz esta caracterização tendo em conta o tipo de *sprinkler* e a sua utilização. Neste dimensionamento, foram aplicados o número de *sprinklers* indicados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Quantidade de *sprinklers* instalada

	Europa		NFPA	
Quantidade mínima de <i>sprinklers</i>	Parque de estacionamento	27	Parque de estacionamento	27
	Edifício industrial de tintas	36	Edifício industrial de tintas	27
Quantidade de <i>sprinklers</i> instalada	Parque de estacionamento	30	Parque de estacionamento	28
	Edifício industrial de tintas	40	Edifício industrial de tintas	30

Com base na Tabela 4.6 é importante salientar que a diferença de *sprinklers* instalados segundo a EN e a NFPA não é muito elevada, mas mais uma vez, leva a crer que a EN sobredimensiona os projetos. Apesar de serem diferenças numéricas baixas (entre 1 a 4 *sprinklers*), se este dimensionamento for repetido ao longo de vários pisos de um edifício, no final, irá originar uma diferença acentuada.

Em ambos os casos, a diferença da quantidade de *sprinklers* deve-se às distâncias máximas adotadas. Atendendo que a NFPA propõe uma distância superior à da EN, esta poderá proporcionar uma disposição dos *sprinklers* mais económica ao permitir malhas mais largas/compridas ajustando-se de outra forma ao espaço.

Outro aspeto a considerar é o número de *sprinklers* em funcionamento simultâneo, que influencia no dimensionamento da tubagem. Se a tubagem principal for dimensionada em função do número máximo de *sprinklers* em funcionamento simultâneo, é expectável que o dimensionamento mais dispendioso seja o efetuado pela legislação portuguesa e pela norma europeia. Quanto maior for o número máximo de *sprinklers* em funcionamento simultâneo, maior será a necessidade de caudal e consequente aumento do tamanho do tubo. Na Tabela 4.7 estão indicados os números máximos de *sprinklers* em funcionamento simultâneo por norma.

Tabela 4.7 – Número máximo de *sprinklers* em funcionamento simultâneo

	Portugal		Europa		NFPA	
Número máximo de <i>sprinklers</i> em funcionamento simultâneo	UT II	12	RO2	12	RO1	12
	UT XII	29	RGp1	29	RO2	23

Desta forma, para o presente caso de estudo, pode afirmar-se que:

- A norma europeia caracteriza-se por ser mais conservativa ao seguir o lado da segurança, uma vez que promove um maior número de sprinklers;
- A legislação portuguesa e a norma europeia são as mais dispendiosas, devido ao número de sprinklers em simultâneo;
- A norma americana caracteriza-se por ser a que apresenta, mediante os valores obtidos, um menor número de sprinklers e por isso a menos gravosa das duas normas para as quais se efetuou o dimensionamento.

Em relação à regulamentação portuguesa, é difícil relacioná-la com as normas internacionais, uma vez que esta apresenta características próprias, assim como algumas características das outras normas. No entanto, com a leitura da Nota Técnica n.º 16 da ANPC deduz-se uma clara preferência pela utilização da norma europeia, tendo até várias semelhanças a nível da definição dos conceitos hidráulicos.

Capítulo 5

Conclusões e desenvolvimentos futuros

5.1. Conclusões

A instalação de sistemas de combate a incêndio nos edifícios tem por objetivo criar as condições que possibilitem limitar o desenvolvimento de incêndios e favorecer a intervenção dos bombeiros, contribuindo deste modo para facilitar a evacuação e o salvamento de pessoas e bens.

Com a elaboração deste trabalho constatou-se que existem inúmeras formas de controlar um incêndio sendo que, este trabalho, foi direcionado para os meios de extinção de incêndio por água, uma vez que continua a ser o agente extintor preferencial para a generalidade dos incêndios em edifícios. Tal facto deve-se à grande eficácia que o efeito de arrefecimento tem sobre este tipo de fogos. Esta vantagem é potenciada pela preponderante facilidade de obtenção, em elevadas quantidades, assim como de armazenamento, transporte e aplicação.

Como foi visto ao longo deste trabalho, são diversas as possibilidades de controlar um incêndio, assim como já existe uma vasta regulamentação para a elaboração de projetos de SCIE.

A regulamentação de combate a incêndios em edifícios existente em Portugal, contém informação distribuída em vários documentos e necessita de uma coordenação e clarificação mais adequadas por parte das entidades reguladoras. Constata-se algum défice de informação e é por isso imprescindível recorrer a normas estrangeiras como a europeia e a americana. Se a estes fatores se adicionar ainda a heterogeneidade dos documentos (uns demasiado minuciosas e outros demasiado genéricos), tal como suas constantes divergências (em alguns aspetos até mesmo contradições), conclui-se a imperatividade da reforma, preferencialmente evolutiva, para atingir um maior nível de exigência para um futuro mais seguro nas edificações em Portugal. No fundo, a segurança contra incêndios começa em cada um de nós, nas nossas ações do quotidiano, enquanto utilizadores dos edifícios. Relativamente aos meios de primeira intervenção, esta necessidade agrava-se devido à sua falta/necessidade de eficácia que depende do utilizador comum de um edifício. Levanta-se então a pertinência de formação, pelo menos, das pessoas responsáveis/afetas ao edifício, de modo a permitir um melhor uso e ataque dos meios de primeira intervenção como primeira resposta a um incêndio na sua fase inicial.

Por sua vez, a norma europeia caracteriza-se como uma norma acessível, de fácil leitura e pesquisa. No entanto, quando comparada com a NFPA, verifica-se algumas deficiências principalmente porque a NFPA apresenta os seus critérios de dimensionamento mediante o tipo de *sprinkler* a utilizar e a sua classe de risco, enquanto a norma europeia privilegia o dimensionamento apenas mediante a classe de risco. A norma europeia apresenta ainda poucos pormenores de posicionamento dos *sprinklers* no espaço.

A NFPA é, sem dúvida, a norma mais completa das três, merecendo por isso todo o reconhecimento a nível mundial. Apesar disto, devido à imensa quantidade de informação que possui, torna-se de difícil perceção e consulta visto que há alguns assuntos que se encontram divididos por vários Capítulos. Um aspeto positivo nesta norma é o fato dos critérios de dimensionamento serem classificados pelo tipo de *sprinkler* e pela classe de risco da zona que se pretende proteger, pois permite um projeto mais rigoroso e dimensionado da forma mais correta.

No que diz respeito à parte prática, neste trabalho, foi realizado o dimensionamento de um sistema fixo de extinção automática de incêndios por água para um parque de estacionamento subterrâneo e para um edifício industrial de fabricação de tintas, utilizando a norma europeia e a norma americana. A regulamentação portuguesa não foi utilizada para o dimensionamento devido ao fato de bastantes seguradoras internacionais não reconhecerem o dimensionamento de redes com base na legislação portuguesa, mas posteriormente foi utilizada para alguns aspetos comparativos.

Ao concluir este dimensionamento foi possível realizar a comparação de alguns aspetos, tais como: distâncias máximas entre *sprinklers*, área de cobertura, quantidade mínima e quantidade instalada de *sprinklers* e número de *sprinklers* em funcionamento simultâneo.

A análise dos valores de distâncias máximas entre *sprinklers* e área de cobertura de cada um leva a concluir que a EN sobredimensiona os projetos ao propor o uso de menores áreas de cobertura e menores distâncias, uma vez que irá gerar um maior número de *sprinklers*. A principal justificação para este aspeto já foi referida anteriormente e está associada ao fato da NFPA apresentar os seus critérios de dimensionamento mediante o tipo de *sprinkler* a utilizar e a sua classe de risco, enquanto a norma europeia (e a regulamentação portuguesa) privilegia o dimensionamento apenas mediante a classe de risco.

No que toca à quantidade mínima e quantidade de *sprinklers* instalada, a diferença entre a EN e a NFPA não foi elevada devido ao fato de se tratar de dois edifícios com pequenas dimensões, o que não seria de esperar num dimensionamento repetido ao longo de vários pisos.

No que diz respeito à quantidade de tubagem, a rede que apresentou valores mais elevados foi a norma europeia, devido à sua maior quantidade de *sprinklers* em funcionamento em simultâneo, o que obrigou à utilização de um diâmetro superior e consequentemente iria provocar o agravamento do orçamento.

Como foi possível averiguar, devido ao fato de ser a solução mais estudada ao longo deste trabalho, o *sprinkler* é uma boa solução visto que a sua atuação é apenas no local do foco de incêndio e no caso de pequenos focos, os danos irão ser menores, quando comparados às descargas de altas quantidades de água em ambientes interiores com uma grande quantidade de equipamentos eletrónicos.

Como conclusão do trabalho, foi possível verificar que a norma mais conservativa é a norma europeia, seguindo-se da regulamentação portuguesa e da NFPA. A norma mais económica é a NFPA, seguindo-se da norma europeia e da regulamentação portuguesa.

É um pouco difícil assemelhar a regulamentação portuguesa às normas internacionais, visto que esta apresenta características próprias (como o caso das utilizações-tipo e as classificações de risco), assim como algumas características das outras normas. No entanto, com a leitura da Nota Técnica nº 16, verifica-se uma clara preferência pela utilização da norma europeia, tendo até várias semelhanças a nível da definição dos conceitos hidráulicos com esta.

Apesar de o melhor modo de combater um incêndio seja, sem dúvida, prevenir e evitá-lo, estes irão lamentavelmente continuar a deflagrar. Com este trabalho, pretendeu-se dar conhecimento de alguns métodos de prevenção e combate assim como um auxiliar da importante escolha da norma a usar para um projeto SCIE.

5.2. Desenvolvimentos futuros

Um possível trabalho futuro que se sugere é o seguimento deste trabalho, na medida em que o seu estudo deve ser alargado a outras utilizações-tipo, em que se possa verificar se as conclusões tiradas para o caso de estudo deste trabalho se podem classificar como generalizadas para qualquer caso.

Sugere-se ainda, como outro possível tema de desenvolvimento de trabalho futuro, que seja elaborada uma estimativa orçamental, por exemplo, a nível da quantidade total de equipamentos e da tubagem total necessária, de forma a realizar uma comparação económica entre a regulamentação portuguesa e as normas europeia e americana.

Referências bibliográficas

- Baptista, F. P. (2011). *Sistemas Prediais de Distribuição de Água Fria*. Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa.
- Borges, C. A. F. (2013). *Estado da arte da S.C.I.E. desde 1951 a 2008 e a sua aplicação como especialidade da engenharia*. Universidade da Madeira.
- Carvalho, J. (2016). *Meios de extinção de incêndio por água – Análise regulamentar comparativa*. Universidade do Minho - Escola de Engenharia.
- Castro, C. F. de; Abrantes, J. B. (2009). *Manual de Segurança contra Incêndio em Edifícios*. Escola Nacional de Bombeiros, Sintra.
- CEA 4001. (2009). *Sprinkler Systems: Planning and Installation*.
- Cepreven - DT 56. (2016). *Tuberías y Suportación de Sistemas de Extinción: Manual Práctico para una adecuada Implantación*.
- Coelho, A. L. (2010). *Incêndios em Edifícios*. (E. Orion, Ed).
- Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de novembro de 2008 - *Regime jurídico de segurança contra incêndios em edifícios*.
- Decreto-Lei n.º 224/2015 de 09 de outubro de 2015 - *Primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 220/2008*.
- EN 12845. (2015). *Fixed firefighting systems - Automatic sprinkler systems - Design, installation and maintenance*.
- ISO 3941. (2007). *Classification of fires*.

- Lourenço et al., (2006). *Manual de Combate a Incêndios Florestais para Equipas de Primeira Intervenção*. Escola Nacional de Bombeiros - Sintra.
- Mendes, P. (2015). *Análise do Risco de Incêndio em Zonas Urbanas Antigas – Centro Histórico de Coimbra*. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- Natividade, E. (2010). *Instalações de combate a incêndio com água em edifícios*. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- NFPA 10. (2013). *Standard for Portable Fire Extinguishers*.
- NFPA 13. (2016). *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*.
- NFPA 15. (2017). *Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection*.
- Nota Técnica n.º 13. (2013). *Redes secas e húmidas - Complementar ao Regime Jurídico do SCIE*. ANPC.
- Nota Técnica n.º 14. (2013) - *Fontes Abastecedoras de Água para o Serviço de Incêndio (SI) - Complementar ao Regime Jurídico do SCIE*. ANPC.
- Nota Técnica n.º 15. (2011). *Centrais de bombagem para o serviço de incêndios - Complementar ao Regime Jurídico do SCIE*. ANPC.
- Nota Técnica n.º 16. (2011). *Sistemas automáticos de extinção por água - Complementar ao Regime Jurídico do SCIE*. ANPC.
- Nota Técnica n.º 18. (2013). *Sistemas de cortina de água - Complementar ao Regime Jurídico do SCIE*. ANPC.
- NP 1800. (2012). *Segurança contra incêndio. Agentes extintores. Seleção segundo as classes de fogos*.
- NP EN 10255. (2004). *Tubos de aço não ligado com aptidão para soldadura e roscagem. Condições técnicas de fornecimento*.
- Pedroso, V. M. R. (2016). *SISTEMAS DE COMBATE A INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS de acordo com a nova regulamentação*. (Lisboa: LNEC, Ed.).
- Portaria n.º 1532/2008 de 29 de dezembro - *Regulamento técnico de segurança contra incêndio em edifícios*.

RGSPDADAR - *Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto).*

Silva, R. J. V. da. (2012). *Dimensionamento de redes de sprinklers*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Teixeira, G. (2013). *Sistemas de Automação e Manutenção de Edifícios – Conceção dos Sistemas de Detecção e Protecção contra Incêndios de uma Unidade Industrial*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Trindade, P. (2009). *Meios de Extinção de Incêndio – Sistemas Automáticos por Água*. FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Catálogos e páginas de internet:

[I1] O IPQ nos organismos europeus de normalização

http://www1.ipq.pt/pt/normalizacao/ipq_organismo_nacional_normalizacao/enquadramento_europeu_internacional/Pages/Organismos_de_Normalizacao.aspx, acesso em 06/12/2017

[I2] Regime Jurídico de SCIE

<http://www.prociv.pt/pt-pt/SEGCINCENDEIF/SEGURANCACONTRAINCENDIOSEDIFICIOS/Paginas/default.aspx#/collapse-0>, acesso em 07/12/2017

[I3] *Sprinkler rules & Standards in Europe* – CEA 4001 & EN 12845

<http://www.agcs.allianz.com/assets/PDFs/events/Sprinkler-rules-standards-in-europe-karimkarzazi-daegu-english.pdf>, acesso em 08/12/2017

[I4] NFPA em português

www.nfpajla.org/pt/nfpa-em-america-latina/nfpa-em-portugues, acesso em 08/12/2017

[I5] Porta corta-fogo

<http://www.liderextintoresealarmes.com.br/produtos.php>, acesso em 19/10/2017

[I6] Boca de incêndio armada do tipo carretel

<http://imparte.pt/produtos/carreteis-bia/com-caixa/carretel-c-caixa-std>, acesso em 06/12/2017

[I7] Boca de incêndio armada do tipo teatro

<http://imparte.pt/produtos/carreteis-bia/com-caixa/b-i-a-tipo-teatro-completa>, acesso em 06/12/2017

[I8] Sistema de dilúvio (*deluge*)

https://vikingiberica.com/sis_13.html, acesso em 02/11/2017

[I9] Difusor

<http://imparte.pt/content/3-produtos/7-extincao-automatica/4-cortinas-de-agua/3-difusor-de-cortina-1-2-tipo-window/sp10d-difusor-cortina-window.pdf>, acesso em 16/12/2017

[I10] Tubagens de aço ou ferro preto

<http://www.cvvapor.com.br/?controle=produtos&idCategoria=1>, acesso em 17/03/2018

[I11] Tubagens de aço galvanizado

<http://www.ritiagroup.com.pt/2-galvanized-pipe-7.html#>, acesso em 22/03/2018

[I12] Válvula de macho esférico

<http://www.isma.pt/pt/produtos/valvulas/macho-esferico/valvula-de-macho-esferico-2-corpos-fig.2006s/>, acesso em 17/03/2018

[I13] Válvula de cunha

<http://www.isma.pt/pt/produtos/valvulas/de-cunha/valvula-de-cunha-300/>, acesso em 17/03/2018

[I14] Válvula de borboleta

<http://www.isma.pt/pt/produtos/valvulas/de-borboleta/valvula-de-borboleta-tipo-wafer-fig-kv-3/>, acesso em 17/03/2018

[I15] Válvula de globo

<http://www.isma.pt/pt/produtos/valvulas/de-globo/valvula-passagem-vedac-ao-por-fole-pn16-fig.61/>, acesso em 17/03/2018

Anexo A – Categorias de Risco

Tabela A.1 – Categorias de risco da utilização-tipo I «Habitacionais»

Tabela A.2 – Categorias de risco da utilização-tipo II «Estacionamentos»

Tabela A.3 – Categorias de risco da utilização-tipo III «Administrativos»

Tabela A.4 – Categorias de risco das utilizações-tipo IV «Escolares» e V «Hospitalares e lares de idosos»

Tabela A.5 – Categorias de risco das utilizações-tipo VI «Espetáculos e reuniões públicas» e IX «Desportivos e de lazer»

Tabela A.6 – Categorias de risco da utilização-tipo VII «Hoteleiros e restauração»

Tabela A.7 – Categorias de risco da utilização-tipo VIII «Comerciais e gares de transporte»

Tabela A.8 – Categorias de risco da utilização-tipo X «Museus e galerias de arte»

Tabela A.9 – Categorias de risco da utilização-tipo XI «Bibliotecas e arquivos»

Tabela A.10 – Categorias de risco da utilização-tipo XII «Industriais, oficinas e armazéns»

Tabela A.1

Categorias de risco da utilização-tipo I «Habitacionais»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo I	
	Altura da UT I	Número de pisos ocupados pela UT I abaixo do plano de referência (*)
1. ^a	≤ 9 m	≤ 1
2. ^a	≤ 28 m	≤ 3
3. ^a	≤ 50 m	≤ 5
4. ^a	> 50 m	> 5

(*) Não são contabilizados os pisos destinados exclusivamente a instalações e equipamentos técnicos que apenas impliquem a presença de pessoas para fins de manutenção e reparação e/ou que disponham de instalações sanitárias.

Tabela A.2

Categorias de risco da utilização-tipo II «Estacionamentos»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo II, quando integrada num edifício			Ao ar livre
	Altura da UT II	Área bruta ocupada pela UT II	Número de pisos ocupados pela UT II abaixo do plano de referência (*)	
1. ^a	—			Sim
	≤ 9 m	≤ 3 200 m ²	≤ 1	Não
2. ^a	≤ 28 m	≤ 9 600 m ²	≤ 3	Não
3. ^a	≤ 28 m	≤ 32 000 m ²	≤ 5	Não
4. ^a	> 28 m	> 32 000 m ²	> 5	Não

(*) Não são contabilizados os pisos destinados exclusivamente a instalações e equipamentos técnicos que apenas impliquem a presença de pessoas para fins de manutenção e reparação e/ou que disponham de instalações sanitárias

Tabela A.3

Categorias de risco da utilização-tipo II «Administrativos»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo III	
	Altura da UT III	Efetivo da UT III
1. ^a	≤ 9 m	≤ 100
2. ^a	≤ 28 m	≤ 1 000
3. ^a	≤ 50 m	≤ 5 000
4. ^a	> 50 m	> 5 000

Tabela A.4

Categorias de risco das utilizações-tipo IV «Escolares» e V «Hospitalares e lares de idosos»

Categoria	Valores máximos referentes às utilizações-tipo IV e V			Locais de risco D com saídas independentes diretas ao exterior no plano de referência
	Altura da UT IV ou V	Efetivo da UT IV ou V		
		Efetivo	Efetivo em locais de risco D ou E	
1. ^a	≤ 9 m	≤ 100	≤ 25	Aplicável a todos
2. ^a	≤ 9 m	≤ 500 (*)	≤ 100	Não aplicável
3. ^a	≤ 28 m	≤ 1 500 (*)	≤ 400	Não aplicável
4. ^a	> 28 m	> 1 500	> 400	Não aplicável

(*) Nas UT IV, onde não existem locais de risco D ou E, os limites máximos do efetivo das 2.^a e 3.^a categoriais de risco podem aumentar em 50%.

Tabela A.5

Categorias de risco das utilizações-tipo VI «Espetáculos e reuniões públicas» e IX «Desportivos e de lazer»

Categoria	Valores máximos referentes à utilização-tipo VI e IX, quando integradas em edifício			Ao ar livre
	Altura da UT VI ou IX	Número de pisos ocupados pela UT VI ou IX abaixo do plano de referência (*)	Efetivo da UT VI ou IX	Efetivo da UT VI ou IX
1. ^a	—			≤ 1 000
	≤ 9 m	0	≤ 100	—
2. ^a	—			≤ 15 000
	≤ 28 m	≤ 1	≤ 1 000	—
3. ^a	—			≤ 40 000
	≤ 28 m	≤ 2	≤ 5 000	—
4. ^a	—			> 40 000
	> 28 m	> 2	> 5 000	—

(*) Não são contabilizados os pisos destinados exclusivamente a instalações e equipamentos técnicos que apenas impliquem a presença de pessoas para fins de manutenção e reparação e/ou que disponham de instalações sanitárias.

Tabela A.6

Categorias de risco da utilização-tipo VII «Hoteleiros e restauração»

Categoria	Valores máximos referentes às utilizações-tipo VII		
	Altura da UT VII	Efetivo da UT VII	
		Efetivo	Efetivo em locais de risco E
1. ^a	≤ 9 m	≤ 100	≤ 50
2. ^a	≤ 9 m	≤ 500	≤ 200
3. ^a	≤ 28 m	≤ 1 500	≤ 800
4. ^a	> 28 m	> 1 500	> 800

Tabela A.7

Categorias de risco da utilização-tipo VIII «Comerciais e gares de transporte»

Categoria	Valores máximos referentes à utilização-tipo VIII		
	Altura da UT VIII	Número de pisos ocupados pela UT VIII abaixo do plano de referência (*)	Efetivo da UT VIII
1. ^a	≤ 9 m	0	≤ 100
2. ^a	≤ 28 m	≤ 1	≤ 1 000
3. ^a	≤ 28 m	≤ 2	≤ 5 000
4. ^a	> 28 m	> 2	> 5 000

(*) Não são contabilizados os pisos destinados exclusivamente a instalações e equipamentos técnicos que apenas impliquem a presença de pessoas para fins de manutenção e reparação e/ou que disponham de instalações sanitárias.

Tabela A.8

Categorias de risco da utilização-tipo X «Museus e galerias de arte»

Categoria	Valores máximos referentes à utilização-tipo X	
	Altura da UT X	Efetivo da UT X
1. ^a	≤ 9 m	≤ 100
2. ^a	≤ 28 m	≤ 500
3. ^a	≤ 28 m	≤ 1 500
4. ^a	> 28 m	> 1 500

Tabela A.9

Categorias de risco da utilização-tipo XI «Bibliotecas e arquivos»

Categoria	Valores máximos referentes à utilização-tipo XI			
	Altura da UT XI	Número de pisos ocupados pela UT XI abaixo do plano de referência (*)	Efetivo da UT XI	Carga de incêndio modificada da UT XI (**)
1. ^a	≤ 9 m	0	≤ 100	≤ 1 000 MJ/m ²
2. ^a	≤ 28 m	≤ 1	≤ 500	≤ 10 000 MJ/m ²
3. ^a	≤ 28 m	≤ 2	≤ 1 500	≤ 30 000 MJ/m ²
4. ^a	> 28 m	> 2	> 1 500	> 30 000 MJ/m ²

(*) Não são contabilizados os pisos destinados exclusivamente a instalações e equipamentos técnicos que apenas impliquem a presença de pessoas para fins de manutenção e reparação e/ou que disponham de instalações sanitárias.

(**) Nas utilizações-tipo XI, destinadas exclusivamente a arquivos, os limites máximos da densidade de carga de incêndio modificada devem ser 10 vezes superiores aos indicados neste quadro.

Tabela A.10

Categorias de risco da utilização-tipo XII «Industriais, oficinas e armazéns»

Categoria	Valores máximos referentes à utilização-tipo XII		
	Integrada em edifício		Ao ar livre
	Carga de incêndio modificada da UT XII (**)	Número de pisos ocupados pela UT XII abaixo do plano de referência (*)	Carga de incêndio modificada da UT XII (**)
1. ^a	$\leq 500 \text{ MJ/m}^2$	0	$\leq 1\,000 \text{ MJ/m}^2$
2. ^a	$\leq 5\,000 \text{ MJ/m}^2$	≤ 1	$\leq 10\,000 \text{ MJ/m}^2$
3. ^a	$\leq 15\,000 \text{ MJ/m}^2$	≤ 1	$\leq 30\,000 \text{ MJ/m}^2$
4. ^a	$> 15\,000 \text{ MJ/m}^2$	> 1	$> 30\,000 \text{ MJ/m}^2$

(*) Não são contabilizados os pisos destinados exclusivamente a instalações e equipamentos técnicos que apenas impliquem a presença de pessoas para fins de manutenção e reparação e/ou que disponham de instalações sanitárias.

(**) Nas utilizações-tipo XII, destinadas exclusivamente a armazéns, os limites máximos da densidade de carga de incêndio modificada devem ser 10 vezes superiores aos indicados neste quadro.

Anexo B – Características das tubagens em aço

Tabela B.1 – Diâmetro e espessura de tubagens em aço da série media conformes NP EN 10255

Tabela B.1

Diâmetro e espessura de tubagens em aço da série media conformes NP EN 10255

Diâmetro Nominal		Diâmetro Interior	Diâmetro Exterior			Espessura da Parede
R	DN	D _i (mm)	D (mm)			T (mm)
			Nom.	Máx.	Min.	Nominal
1	DN 25	27,3	33,7	34,2	33,3	3,2
1 1/4	DN 32	36,0	42,4	42,9	42,0	3,2
1 1/2	DN 40	41,9	48,3	48,8	47,9	3,2
2	DN 50	53,1	60,3	60,8	59,7	3,6
2 1/2	DN 65	68,9	76,1	76,6	75,3	3,6
3	DN 80	80,9	88,9	89,5	88,0	4,0
4	DN 100	105,3	114,3	115,0	113,1	4,5
5	DN 125	129,7	139,7	140,8	138,5	5,0
6	DN 150	155,1	165,1	166,5	163,9	5,0
8	DN 200	206,5	219,1	221,3	216,9	6,3
10	DN 250	260,4	273,0	275,0	271,0	6,3
12	DN 300	311,3	323,9	326,3	321,5	6,3

Anexo C – Implantação e dimensionamento hidráulico de redes de *sprinklers*

Figura C.1 e Tabela C.1 – Implantação e dimensionamento hidráulico da rede de *sprinklers* no parque de estacionamento segundo a EN 12845

Figura C.2 e Tabela C.2 – Implantação e dimensionamento hidráulico da rede de *sprinklers* no parque de estacionamento segundo a NFPA 13

Figura C.3 e Tabela C.3 – Implantação e dimensionamento hidráulico da rede de *sprinklers* no edifício de fabricação de tintas segundo a EN 12845

Figura C.4 e Tabela C.4 – Implantação e dimensionamento hidráulico da rede de *sprinklers* no edifício de fabricação de tintas segundo a NFPA 13

Figura C.1

Implantação e dimensionamento hidráulico da rede de *sprinklers* no parque de estacionamento segundo a EN 12845

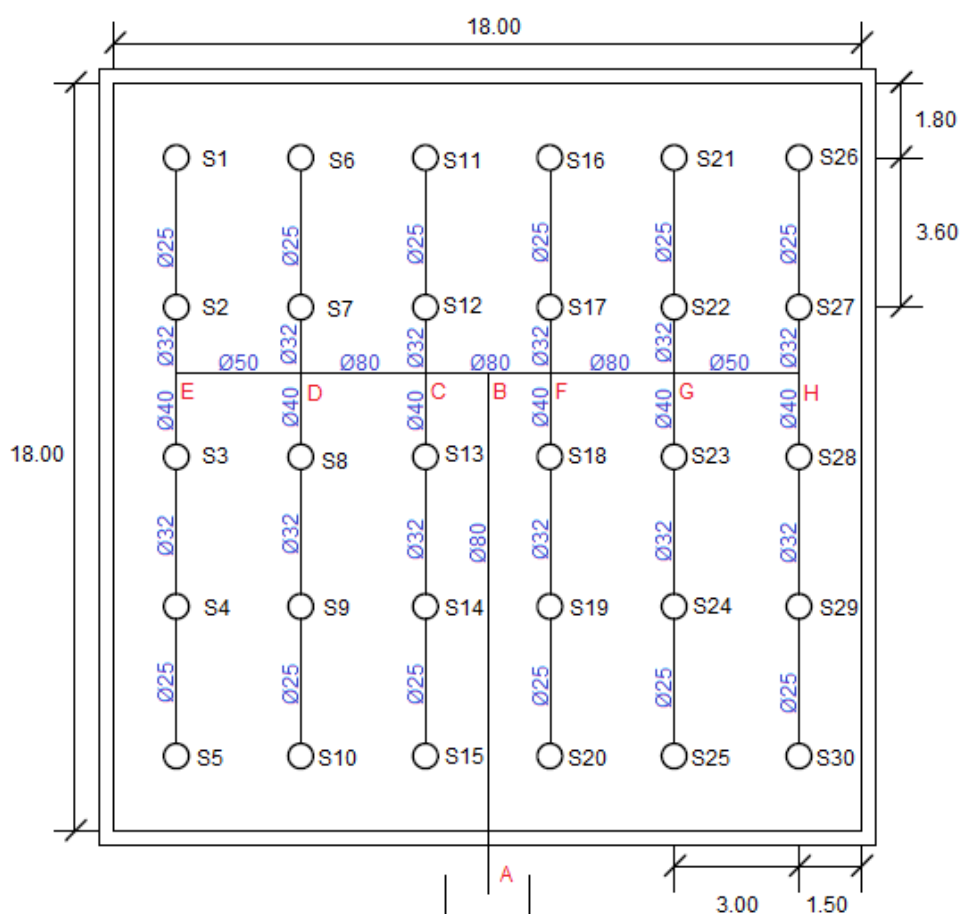


Tabela C.1

Implantação e dimensionamento hidráulico da rede de *sprinklers* no parque de estacionamento segundo a EN 12845

Troço	L (m)	N.º de <i>sprinklers</i>		Q inst (l/min)	Q acumulado (L/min)	Ø calculo (m)	Ø interior (mm)	v corrigida (m/s)	J contínuas (m/m)	J localizada (30%)	J total	Cota inicial	Cota final	Desnível do troço	Pressão (m.c.a.)	
		Simultâneo	Total												Ponto inicial	Ponto final
A - B	12,50	12	30	-	720	0,087	80,9	2,3	0,082	1,33	1,412	2,4	2,4	0	10,91	9,50
B - C	1,50	12	15	-	720	0,087	80,9	2,3	0,082	0,16	0,241	2,4	2,4	0	9,50	9,26
C - S12	1,60	2	2	60	120	0,036	36,0	2,0	0,167	0,346	0,513	2,4	2,4	0	9,26	8,74
S12 - S11	3,60	1	1	60	60	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	8,74	7,70
C - S13	2,00	3	3	60	180	0,044	41,9	2,2	0,165	0,428	0,593	2,4	2,4	0	9,26	8,66
S13 - S14	3,60	2	2	60	120	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	8,66	7,72
S14 - S15	3,60	1	1	60	60	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	7,72	6,67
C - D	3,00	10	10	-	600	0,080	80,9	1,9	0,059	0,232	0,291	2,4	2,4	0	9,26	8,97
D - S7	1,60	2	2	60	120	0,036	36,0	2,0	0,167	0,346	0,513	2,4	2,4	0	8,97	8,45
S7 - S6	3,60	1	1	60	60	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	8,45	7,41
D - S8	2,00	3	3	60	180	0,044	41,9	2,2	0,165	0,428	0,593	2,4	2,4	0	8,97	8,37
S8 - S9	3,60	2	2	60	120	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	8,37	7,43
S9 - S10	3,60	1	1	60	60	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	7,43	6,38
D - E	3,00	5	5	-	300	0,056	53,1	2,3	0,131	0,51	0,64	2,4	2,4	0	8,97	8,33
E - S2	1,60	2	2	60	120	0,036	36,0	2,0	0,167	0,346	0,513	2,4	2,4	0	8,33	7,81
S2 - S1	3,60	1	1	60	60	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	7,81	6,77
E - S3	2,00	3	3	60	180	0,044	41,9	2,2	0,165	0,428	0,593	2,4	2,4	0	8,33	7,73
S3 - S4	3,60	2	2	60	120	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	7,73	6,79
S4 - S5	3,60	1	1	60	60	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	6,79	5,74
B - F	1,50	12	15	-	720	0,087	80,9	2,3	0,082	0,16	0,241	2,4	2,4	0	9,50	9,26
F - S17	1,60	2	2	60	120	0,036	36,0	2,0	0,167	0,346	0,513	2,4	2,4	0	9,26	8,74
S17 - S16	3,60	1	1	60	60	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	8,74	7,70
F - S18	2,00	3	3	60	180	0,044	41,9	2,2	0,165	0,428	0,593	2,4	2,4	0	9,26	8,66
S18 - S19	3,60	2	2	60	120	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	8,66	7,72
S19 - S20	3,60	1	1	60	60	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	7,72	6,67
F - G	3,00	10	10	-	600	0,080	80,9	1,9	0,059	0,232	0,291	2,4	2,4	0	9,26	8,97
G - S22	1,60	2	2	60	120	0,036	36,0	2,0	0,167	0,346	0,513	2,4	2,4	0	8,97	8,45
S22 - S21	3,60	1	1	60	60	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	8,45	7,41
G - S23	2,00	3	3	60	180	0,044	41,9	2,2	0,165	0,428	0,593	2,4	2,4	0	8,97	8,37
S23 - S24	3,60	2	2	60	120	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	8,37	7,43
S24 - S25	3,60	1	1	60	60	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	7,43	6,38
G - H	3,00	5	5	-	300	0,056	53,1	2,3	0,131	0,51	0,64	2,4	2,4	0	8,97	8,33
H - S27	1,60	2	2	60	120	0,036	36,0	2,0	0,167	0,346	0,513	2,4	2,4	0	8,33	7,81
S27 - S26	3,60	1	1	60	60	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	7,81	6,77
H - S28	2,00	3	3	60	180	0,044	41,9	2,2	0,165	0,428	0,593	2,4	2,4	0	8,33	7,73
S28 - S29	3,60	2	2	60	120	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	7,73	6,79
S29 - S30	3,60	1	1	60	60	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	6,79	5,74

Figura C.2

Implantação e dimensionamento hidráulico da rede de *sprinklers* no parque de estacionamento segundo a NFPA 13

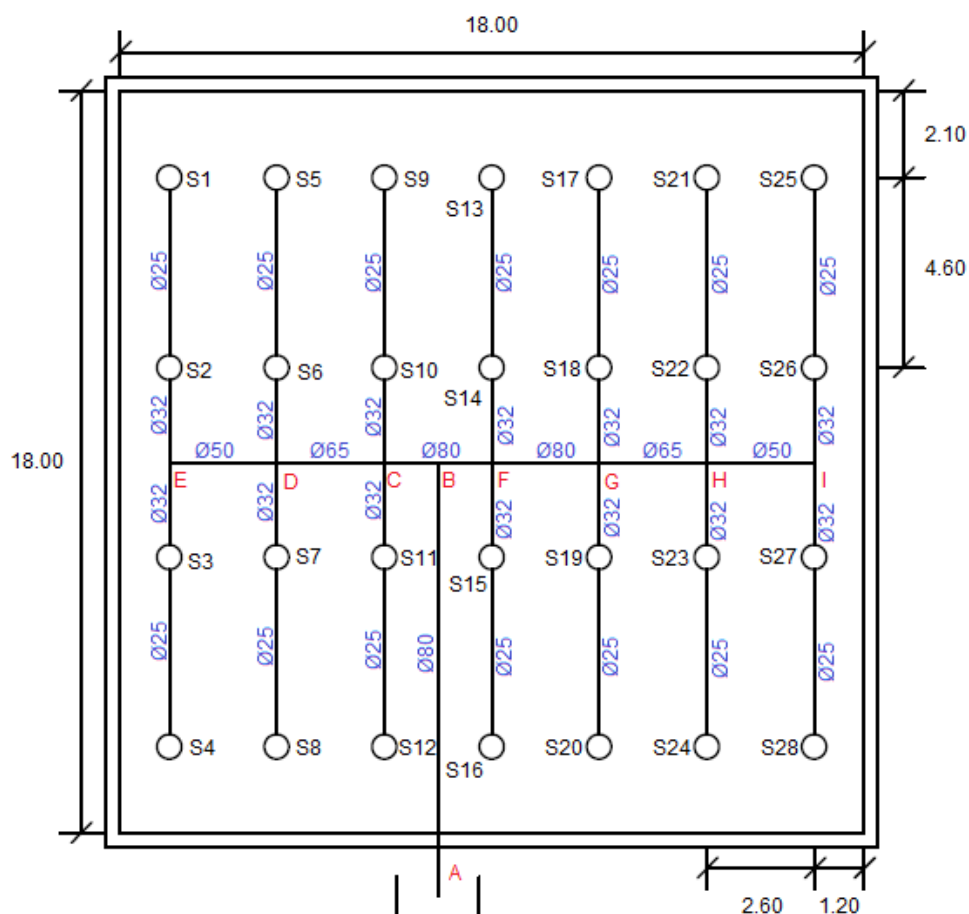


Tabela C.2

Implantação e dimensionamento hidráulico da rede de *sprinklers* no parque de estacionamento segundo a NFPA 13

Troço	L (m)	N.º de <i>sprinklers</i>		Q inst (l/min)	Q acumulado (l/min)	Ø cálculo (m)	Ø interior (mm)	v corrigida (m/s)	J contínuas (m/m)	J localizada (30%)	J total	Cota inicial	Cota final	Desnível do troço	Pressão (m.c.a.)	
		Simultâneo	Total												Ponto inicial	Ponto final
A - B	10,50	12	28	-	938,4	0,087	80,9	2,3	0,082	1,117	1,199	2,4	2,4	0	14,23	13,03
B - C	1,30	12	12	-	938,4	0,087	80,9	2,3	0,082	0,138	0,220	2,4	2,4	0	13,03	12,81
C - S10	2,30	2	2	78,2	156,4	0,036	36,0	2,0	0,167	0,498	0,664	2,4	2,4	0	12,81	12,15
S10 - S9	4,60	1	1	78,2	78,2	0,025	27,3	1,7	0,184	1,102	1,286	2,4	2,4	0	12,15	10,86
C - S11	2,30	2	2	78,2	156,4	0,036	36,0	2,0	0,167	0,498	0,664	2,4	2,4	0	12,81	12,15
S11 - S12	4,60	1	1	78,2	78,2	0,025	27,3	1,7	0,184	1,102	1,286	2,4	2,4	0	12,15	10,86
C - D	2,60	8	8	-	625,6	0,071	68,9	2,1	0,086	0,292	0,378	2,4	2,4	0	12,81	12,44
D - S6	2,30	2	2	78,2	156,4	0,036	36,0	2,0	0,167	0,498	0,664	2,4	2,4	0	12,44	11,77
S6 - S5	4,60	1	1	78,2	78,2	0,025	27,3	1,7	0,184	1,102	1,286	2,4	2,4	0	11,77	10,49
D - S7	2,30	2	2	78,2	156,4	0,036	36,0	2,0	0,167	0,498	0,664	2,4	2,4	0	12,44	11,77
S7 - S8	4,60	1	1	78,2	78,2	0,025	27,3	1,7	0,184	1,102	1,286	2,4	2,4	0	11,77	10,49
D - E	2,60	4	4	-	312,8	0,050	53,1	1,8	0,088	0,299	0,387	2,4	2,4	0	12,44	12,05
E - S2	2,30	2	2	78,2	156,4	0,036	36,0	2,0	0,167	0,498	0,664	2,4	2,4	0	12,05	11,38
S2 - S1	4,60	1	1	78,2	78,2	0,025	27,3	1,7	0,184	1,102	1,286	2,4	2,4	0	11,38	10,10
E - S3	2,30	2	2	78,2	156,4	0,036	36,0	2,0	0,167	0,498	0,664	2,4	2,4	0	12,05	11,38
S3 - S4	4,60	1	1	78,2	78,2	0,025	27,3	1,7	0,184	1,102	1,286	2,4	2,4	0	11,38	10,10
B - F	1,30	12	16	-	938,4	0,087	80,9	2,3	0,082	0,138	0,220	2,4	2,4	0	13,03	12,81
F - S14	2,30	2	2	78,2	156,4	0,036	36,0	2,0	0,167	0,498	0,664	2,4	2,4	0	12,81	12,15
S14 - S13	4,60	1	1	78,2	78,2	0,025	27,3	1,7	0,184	1,102	1,286	2,4	2,4	0	12,15	10,86
F - S15	2,30	2	2	78,2	156,4	0,036	36,0	2,0	0,167	0,498	0,664	2,4	2,4	0	12,81	12,15
S15 - S16	4,60	1	1	78,2	78,2	0,025	27,3	1,7	0,184	1,102	1,286	2,4	2,4	0	12,15	10,86
F - G	2,60	12	12	-	938,4	0,087	80,9	2,3	0,082	0,277	0,358	2,4	2,4	0	12,81	12,46
G - S18	2,30	2	2	78,2	156,4	0,036	36,0	2,0	0,167	0,498	0,664	2,4	2,4	0	12,46	11,79
S18 - S17	4,60	1	1	78,2	78,2	0,025	27,3	1,7	0,184	1,102	1,286	2,4	2,4	0	11,79	10,51
G - S19	2,30	2	2	78,2	156,4	0,036	36,0	2,0	0,167	0,498	0,664	2,4	2,4	0	12,46	11,79
S19 - S20	4,60	1	1	78,2	78,2	0,025	27,3	1,7	0,184	1,102	1,286	2,4	2,4	0	11,79	10,51
G - H	2,60	8	8	-	625,6	0,071	68,9	2,1	0,086	0,292	0,378	2,4	2,4	0	12,46	12,08
H - S22	2,30	2	2	78,2	156,4	0,036	36,0	2,0	0,167	0,498	0,664	2,4	2,4	0	12,08	11,41
S22 - S21	4,60	1	1	78,2	78,2	0,025	27,3	1,7	0,184	1,102	1,286	2,4	2,4	0	11,41	10,13
H - S23	2,30	2	2	78,2	156,4	0,036	36,0	2,0	0,167	0,498	0,664	2,4	2,4	0	12,08	11,41
S23 - S24	4,60	1	1	78,2	78,2	0,025	27,3	1,7	0,184	1,102	1,286	2,4	2,4	0	11,41	10,13
H - I	2,60	4	4	-	312,8	0,050	53,1	1,8	0,088	0,299	0,387	2,4	2,4	0	12,08	11,69
I - S26	2,30	2	2	78,2	156,4	0,036	36,0	2,0	0,167	0,498	0,664	2,4	2,4	0	11,69	11,03
S26 - S25	4,60	1	1	78,2	78,2	0,025	27,3	1,7	0,184	1,102	1,286	2,4	2,4	0	11,03	9,74
I - S27	2,30	2	2	78,2	156,4	0,036	36,0	2,0	0,167	0,498	0,664	2,4	2,4	0	11,69	11,03
S27 - S28	4,60	1	1	78,2	78,2	0,025	27,3	1,7	0,184	1,102	1,286	2,4	2,4	0	11,03	9,74

Figura C.3

Implantação e dimensionamento hidráulico da rede de *sprinklers* no edifício de fabricação de tintas segundo a EN 12845

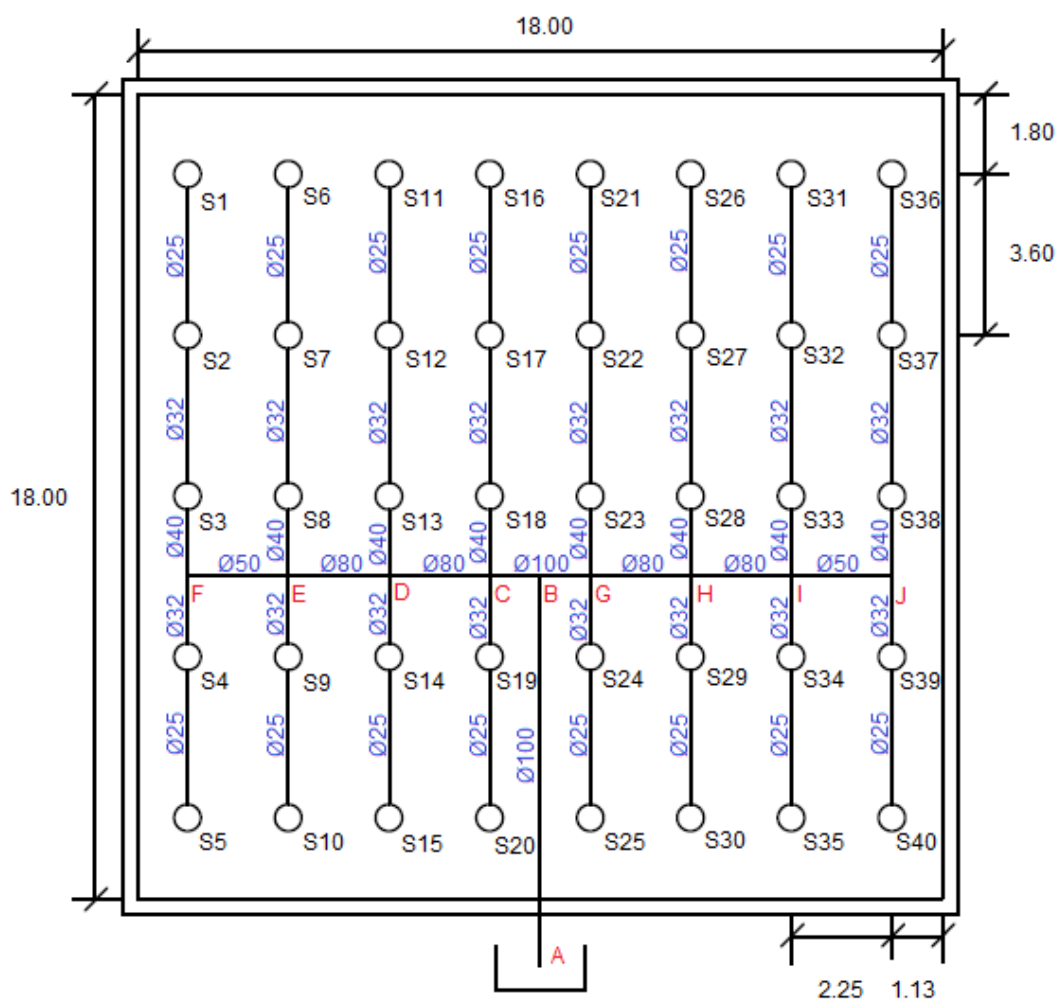


Tabela C.3

Implantação e dimensionamento hidráulico da rede de *sprinklers* no edifício de fabricação de tintas segundo a EN 12845

Troço	L (m)	N.º de <i>sprinklers</i>		Q inst (l/min)	Q acumulado (l/min)	Ø calculo (m)	Ø interior (mm)	v corrigida (m/s)	J contínuas (m/m)	J localizada (30%)	J total	Cota inicial	Cota final	Desnível do troço	Pressão (m.c.a.)	
		Simultâneo	Total												Ponto inicial	Ponto final
A - B	8,70	29	40	-	1957,5	0,136	105,3	3,3	0,110	1,240	1,349	2,4	2,4	0	8,77	7,42
B - C	1,13	20	20	-	1350	0,113	105,3	2,3	0,057	0,084	0,141	2,4	2,4	0	7,42	7,28
C - S18	1,80	3	3	67,5	202,5	0,044	41,9	2,2	0,165	0,385	0,550	2,4	2,4	0	7,28	6,73
S18 - S17	3,60	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	6,73	5,79
S17 - S16	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	5,79	4,74
C - S19	1,80	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,390	0,556	2,4	2,4	0	7,28	6,73
S19 - S20	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	6,73	5,68
C - D	2,25	15	15	-	1012,5	0,098	80,9	2,9	0,121	0,354	0,475	2,4	2,4	0	7,28	6,81
D - S13	1,80	3	3	67,5	202,5	0,044	41,9	2,2	0,165	0,385	0,550	2,4	2,4	0	6,81	6,26
S13 - S12	3,60	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	6,26	5,31
S12 - S11	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	5,31	4,27
D - S14	1,80	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,390	0,556	2,4	2,4	0	6,81	6,25
S14 - S15	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	6,25	5,21
D - E	2,25	10	10	-	675	0,080	80,9	1,9	0,059	0,174	0,233	2,4	2,4	0	6,81	6,58
E - S8	1,80	3	3	67,5	202,5	0,044	41,9	2,2	0,165	0,385	0,550	2,4	2,4	0	6,58	6,03
S8 - S7	3,60	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	6,03	5,08
S7 - S6	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	5,08	4,03
E - S9	1,80	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,390	0,556	2,4	2,4	0	6,58	6,02
S9 - S10	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	6,02	4,97
E - F	2,25	5	5	-	337,5	0,056	53,1	2,3	0,131	0,382	0,513	2,4	2,4	0	6,58	6,06
F - S3	1,80	3	3	67,5	202,5	0,044	41,9	2,2	0,165	0,385	0,550	2,4	2,4	0	6,06	5,51
S3 - S2	3,60	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	5,51	4,57
S2 - S1	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	4,57	3,52
F - S4	1,80	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,390	0,556	2,4	2,4	0	6,06	5,51
S4 - S5	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	5,51	4,46
B - G	1,13	20	20	-	1350	0,113	105,3	2,3	0,057	0,084	0,141	2,4	2,4	0	7,42	7,28
G - S23	1,80	3	3	67,5	202,5	0,044	41,9	2,2	0,165	0,385	0,550	2,4	2,4	0	7,28	6,73
S23 - S22	3,60	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	6,73	5,79
S22 - S21	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	5,79	4,74
G - S24	1,80	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,390	0,556	2,4	2,4	0	7,28	6,73
S24 - S25	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	6,73	5,68
G - H	2,25	15	15	-	1012,5	0,098	80,9	2,9	0,121	0,354	0,475	2,4	2,4	0	7,28	6,81
H - S28	1,80	3	3	67,5	202,5	0,044	41,9	2,2	0,165	0,385	0,550	2,4	2,4	0	6,81	6,26
S28 - S27	3,60	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	6,26	5,31
S27 - S26	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	5,31	4,27
H - S29	1,80	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,390	0,556	2,4	2,4	0	6,81	6,25
S29 - S30	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	6,25	5,21
H - I	2,25	10	10	-	675	0,080	80,9	1,9	0,059	0,174	0,233	2,4	2,4	0	6,81	6,58
I - S33	1,80	3	3	67,5	202,5	0,044	41,9	2,2	0,165	0,385	0,550	2,4	2,4	0	6,58	6,03
S33 - S32	3,60	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	6,03	5,08
S32 - S31	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	5,08	4,03
I - S34	1,80	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,390	0,556	2,4	2,4	0	6,58	6,02
S34 - S35	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	6,02	4,97
I - J	2,25	5	5	-	337,5	0,056	53,1	2,3	0,131	0,382	0,513	2,4	2,4	0	6,58	6,06
J - S38	1,80	3	3	67,5	202,5	0,044	41,9	2,2	0,165	0,385	0,550	2,4	2,4	0	6,06	5,51
S38 - S37	3,60	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	5,51	4,57
S37 - S36	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	4,57	3,52
J - S39	1,80	2	2	67,5	135	0,036	36,0	2,0	0,167	0,390	0,556	2,4	2,4	0	6,06	5,51
S39 - S40	3,60	1	1	67,5	67,5	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	5,51	4,46

Figura C.4

Implantação e dimensionamento hidráulico da rede de *sprinklers* no edifício de fabricação de tintas segundo a NFPA 13

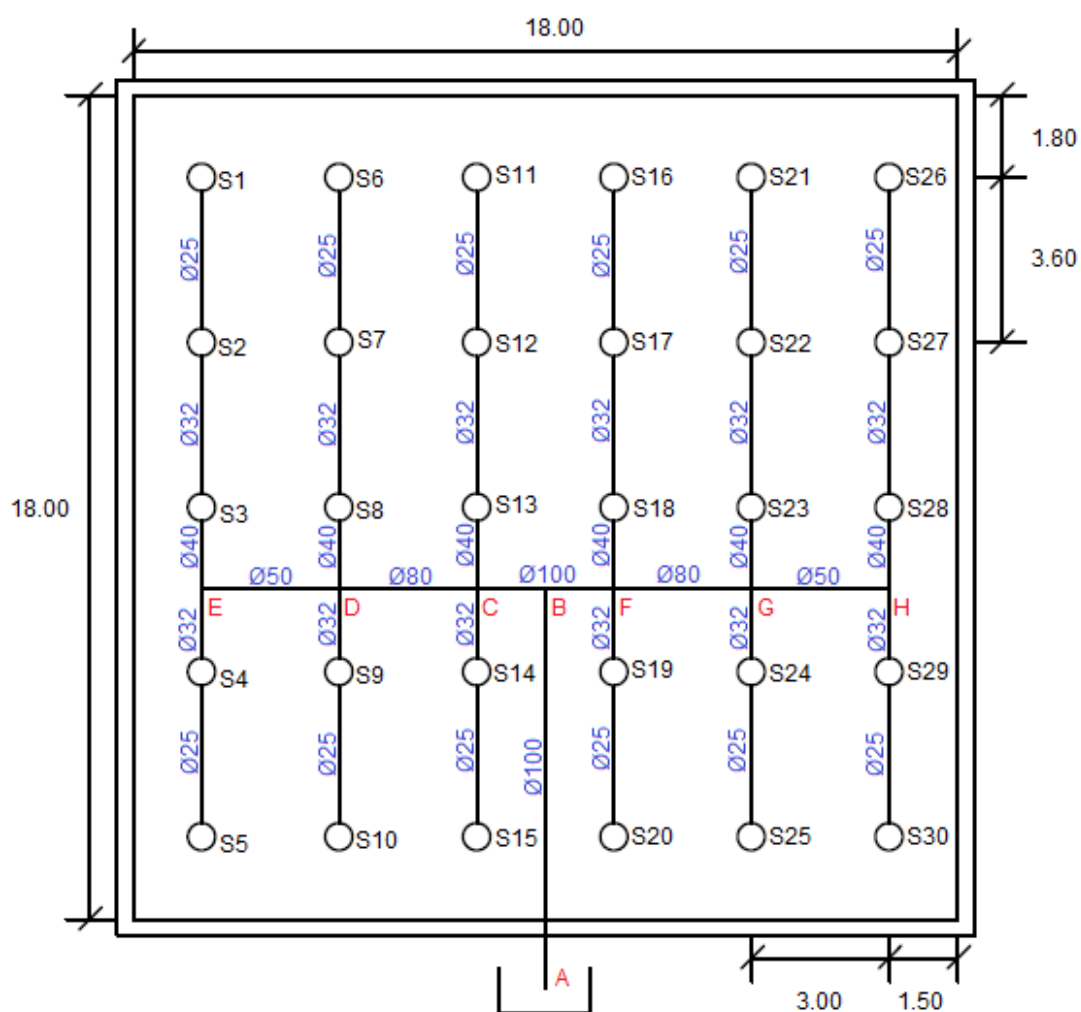


Tabela C.4

Implantação e dimensionamento hidráulico da rede de *sprinklers* no edifício de fabricação de tintas segundo a NFPA 13

Troço	L (m)	N.º de <i>sprinklers</i>		Q inst (l/min)	Q acumulado (l/min)	Ø calculo (m)	Ø interior (mm)	v corrigida (m/s)	J contínuas (m/m)	J localizada (30%)	J total	Cota inicial	Cota final	Desnível do troço	Pressão (m.c.a.)	
		Simultâneo	Total												Ponto inicial	Ponto final
A - B	8,70	23	30	-	1771	0,121	105,3	2,6	0,073	0,826	0,899	2,4	2,4	0	13,93	13,03
B - C	1,50	15	15	-	1155	0,098	105,3	1,7	0,035	0,067	0,102	2,4	2,4	0	13,03	12,92
C - S13	1,80	3	3	77	231	0,044	41,9	2,2	0,165	0,385	0,550	2,4	2,4	0	12,92	12,37
S13 - S12	3,60	2	2	77	154	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	12,37	11,43
S12 - S11	3,60	1	1	77	77	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	11,43	10,38
C - S14	1,80	2	2	77	154	0,036	36,0	2,0	0,167	0,390	0,556	2,4	2,4	0	12,92	12,37
S14 - S15	3,60	1	1	77	77	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	12,37	11,32
C - D	3,00	10	10	-	770	0,080	80,9	1,9	0,059	0,232	0,291	2,4	2,4	0	12,92	12,63
D - S8	1,80	3	3	77	231	0,044	41,9	2,2	0,165	0,385	0,550	2,4	2,4	0	12,63	12,08
S8 - S7	3,60	2	2	77	154	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	12,08	11,14
S7 - S6	3,60	1	1	77	77	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	11,14	10,09
D - S9	1,80	2	2	77	154	0,036	36,0	2,0	0,167	0,390	0,556	2,4	2,4	0	12,63	12,08
S9 - S10	3,60	1	1	77	77	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	12,08	11,03
D - E	3,00	5	5	-	385	0,056	53,1	2,3	0,131	0,510	0,640	2,4	2,4	0	12,63	11,99
E - S3	1,80	3	3	77	231	0,044	41,9	2,2	0,165	0,385	0,550	2,4	2,4	0	11,99	11,44
S3 - S2	3,60	2	2	77	154	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	11,44	10,50
S2 - S1	3,60	1	1	77	77	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	10,50	9,45
E - S4	1,80	2	2	77	154	0,036	36,0	2,0	0,167	0,390	0,556	2,4	2,4	0	11,44	10,89
S4 - S5	3,60	1	1	77	77	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	10,89	9,84
B - F	1,50	15	15	-	1155	0,098	105,3	1,7	0,035	0,067	0,102	2,4	2,4	0	13,03	12,92
F - S18	1,80	3	3	77	231	0,044	41,9	2,2	0,165	0,385	0,550	2,4	2,4	0	12,92	12,37
S18 - S17	3,60	2	2	77	154	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	12,37	11,43
S17 - S16	3,60	1	1	77	77	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	11,43	10,38
F - S19	1,80	2	2	77	154	0,036	36,0	2,0	0,167	0,390	0,556	2,4	2,4	0	12,92	12,37
S19 - S20	3,60	1	1	77	77	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	12,37	11,32
F - G	3,00	10	10	-	770	0,080	80,9	1,9	0,059	0,232	0,291	2,4	2,4	0	12,92	12,63
G - S23	1,80	3	3	77	231	0,044	41,9	2,2	0,165	0,385	0,550	2,4	2,4	0	12,63	12,08
S23 - S22	3,60	2	2	77	154	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	12,08	11,14
S22 - S21	3,60	1	1	77	77	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	11,14	10,09
G - S24	1,80	2	2	77	154	0,036	36,0	2,0	0,167	0,390	0,556	2,4	2,4	0	12,63	12,08
S24 - S25	3,60	1	1	77	77	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	12,08	11,03
G - H	3,00	5	5	-	385	0,056	53,1	2,3	0,131	0,510	0,640	2,4	2,4	0	12,63	11,99
H - S28	1,80	3	3	77	231	0,044	41,9	2,2	0,165	0,385	0,550	2,4	2,4	0	11,99	11,44
S28 - S27	3,60	2	2	77	154	0,036	36,0	2,0	0,167	0,779	0,946	2,4	2,4	0	11,44	10,50
S27 - S26	3,60	1	1	77	77	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	10,50	9,45
H - S29	1,80	2	2	77	154	0,036	36,0	2,0	0,167	0,390	0,556	2,4	2,4	0	11,44	10,89
S29 - S30	3,60	1	1	77	77	0,025	27,3	1,7	0,184	0,862	1,046	2,4	2,4	0	10,89	9,84